В пособии рассматриваются упражнения и расчетные задачи по курсу органической химии средней школы. Приводятся решения типовых задач. Включены задачи и упражнения повышенной сложности, используемые на вступительных экзаменах в химические и медицинские вузы.

Предназначена для учащихся и выпускников всех типов учебных заведений.

Выходят из печати следующие издания под рубрикой «Готовимся к экзаменам»:

1. *И. А. Соловейчик.* ***Физика***
   Механика. 192 с.
   Молекулярная физика. Электродинамика. 272 с.
   Электродинамика. Квантовая физика. 320 с.
2. *Г. Н. Степанова.* ***Физика***
   Материалы для подготовки к выпускным экзаменам. 192 с.
3. *А. П. Карп.* ***Математика***
   Сборник задач для подготовки к выпускным экзаменам по алгебре и началам анализа. 288 с.
4. *А. Я. Жаржевский, Я. С. Фельдман.* ***Математика***
   Решение задач с модулями. 320 с.



ГОТОВИМСЯ К ЭКЗАМЕНАМ



В. Б. Воловик, Е. Д. Крутецкая

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

УПРАЖНЕНИЯ И ЗАДАЧИ



УДК 546.076.1
ББК 540
В67

В пособии рассматриваются упражнения и расчетные задачи по курсу органической химии средней школы. Приводятся решения типовых задач. Включены задачи и упражнения повышенной сложности, используемые на вступительных экзаменах в химические и медицинские вузы.

Предназначено для учащихся и выпускников всех типов учебных заведений.

ISBN 5-901032-13-6

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное пособие адресовано учителям химии и учащимся средних общеобразовательных школ, учреждений начального профессионального образования, абитуриентам медицинских, химических и других вузов. Оно составлено в соответствии с программой по органической химии базового и углубленного уровня и может быть использовано на уроках, на факультативных занятиях, при выполнении домашних заданий, при подготовке к экзаменам.

В пособие включены упражнения и расчетные задачи разной степени сложности, что дает возможность преподавателю дифференцировать работу с учащимися на уроках и разнообразить домашние задания.

Главы данной книги соответствуют темам, изучаемым в курсе органической химии. По каждой теме составлены упражнения, позволяющие учащимся глубже усвоить особенности строения, изомерии, номенклатуры основных классов органических соединений, а также упражнения, для выполнения которых необходимо знать химические свойства веществ, способы их получения, генетическую связь между ними.

Ряд заданий снабжен ответами и пояснениями, что дает возможность использовать пособие для самостоятельной работы при подготовке к выпускным экзаменам в школе и вступительным экзаменам в вузы.

Большое количество упражнений составлено так, что требует не простого воспроизведения известных фактов, а предусматривает их анализ, обоснование ответа, что способствует развитию логического мышления учащихся.

В каждом параграфе перед упражнениями дано краткое теоретическое вступление, которое не заменяет учебник, но позволяет актуализировать основные химические понятия, необходимые для выполнения заданий. Необходимо отметить, что

наряду с заместительной номенклатурой органических соединений авторы используют и тривиальные названия наиболее распространенных соединений (муравьиная кислота, уксусная кислота, глицерин и т. д.). В названиях непредельных соединений, спиртов, кетонов цифры, указывающие положение кратной связи и функциональных групп, поставлены в конце названия, т.к. именно этот вариант номенклатуры использован в большинстве школьных учебников по органической химии и, следовательно, это более знакомо и понятно учащимся.

Кроме упражнений по каждой теме предложены расчетные задачи тех типов, которые предусмотрены программой средней школы:

а) определение молекулярной формулы вещества;

б) вычисления по химическим уравнениям, если исходные вещества даны в виде растворов с определенной массовой долей растворенного вещества, или содержат примеси;

в) вычисления по химическим уравнениям, если одно из исходных веществ взято в избытке;

г) определение массы продукта реакции, если известна массовая доля выхода его от теоретически возможного,
и некоторые комбинированные задачи.

В приложении приведено решение типовых задач к § 1, помеченных *, а к остальным задачам, которые решаются аналогично, даны только ответы.

В последнюю главу включены задачи и упражнения повышенной сложности. Задачи такого типа встречаются на вступительных экзаменах в вузы и на выпускных экзаменах по углубленному курсу химии.

Авторы с благодарностью примут все замечания и предложения, которые просят направлять по адресу:

Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, д. 11, СПбГУПМ, кабинет химии.

Часть I. УГЛЕВОДОРОДЫ

Углеводороды — органические вещества, состоящие из углерода и водорода.



Предельные углеводороды — углеводороды, в которых атомы углерода связаны между собой простой (одинарной) связью.

§ 1. Алканы (Парафины)

Алканы — ациклические предельные углеводороды.

Общая формула C_nH_{2n+2}.

НОМЕНКЛАТУРА

1) Выбрать самую длинную цепь атомов углерода и пронумеровать с того конца, к которому ближе стоит простейший углеводородный радикал.

Радикал — группа атомов, обладающая свободной валентностью (имеющая неспаренный электрон).

Названия углеводородных радикалов производятся от названий соответствующих углеводородов заменой окончания ***-ан*** на ***-ил***.

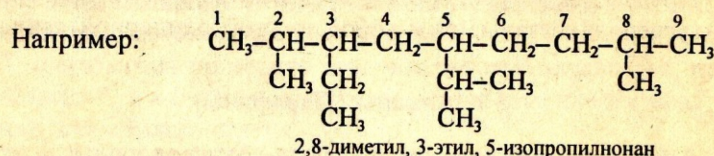
CH_3 — мет***ил***, C_2H_5 — эт***ил***.

Радикалы пропана: $CH_3-CH_2-CH_2-$ — пропил;

$CH_3-\underset{|}{C}H-CH_3$ — вторичный пропил (изопропил);

Радикалы бутана: $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-$ — бутил;

$CH_3-CH_2-\underset{|}{C}H-CH_3$ — вторичный бутил;



2) Назвать номер атома углерода, с которым связан радикал (начиная с простейшего радикала).

3) Назвать радикал. Если одинаковых радикалов несколько, то перед названием указывается их количество: *-ди*, *-три*, *-тетра*, *-пента* и т. д.

4) Назвать углеводород, которому соответствует длинная цепь.

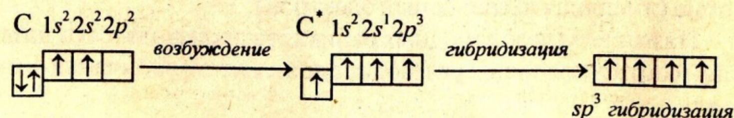
Например: $\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H(CH_3)-\overset{3}{C}H(CH_2CH_3)-\overset{4}{C}H_2-\overset{5}{C}H(CH(CH_3)_2)-\overset{6}{C}H_2-\overset{7}{C}H_2-\overset{8}{C}H(CH_3)-\overset{9}{C}H_3$

2,8-диметил, 3-этил, 5-изопропилнонан

Изомерия алканов связана со строением углеводородного скелета (цепи).

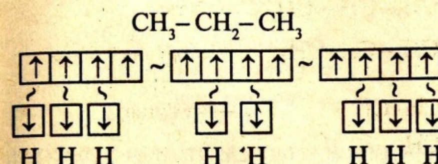
СТРОЕНИЕ

Атомы в молекулах алканов связаны σ-связями. Атомы углерода находятся в состоянии sp^3-гибридизации:



Гибридные электронные облака располагаются под углом 109° 28′, т. е. по осям правильного тетраэдра (см. рис. 1).

Молекулы алканов имеют зигзагообразное строение, вокруг σ-связей атомы свободно вращаются.



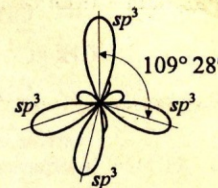


Рис. 1

Свойства алканов обусловлены их строением. Для них наиболее характерны реакции *замещения*, идущие по свободно-радикальному механизму.

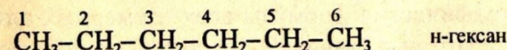
Упражнения и задачи

1-1. Из предложенных формул выберите формулы алканов: C_5H_{12}, C_9H_{18}, C_8H_{18}, $C_{10}H_{22}$, $C_{11}H_{24}$, $C_{12}H_{24}$, $C_{15}H_{30}$, $C_{16}H_{34}$, $C_{27}H_{56}$, $C_{31}H_{62}$.

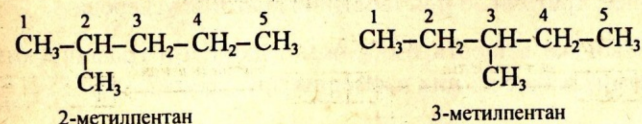
1-2. Напишите графические формулы всех изомерных алканов состава C_6H_{14}. Назовите эти вещества по международной номенклатуре. Укажите первичные, вторичные, третичные и четвертичные атомы углерода.

Решение:

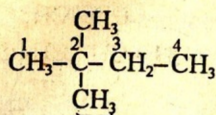
1) Составим графическую формулу углеводорода с неразветвленной углеродной цепью (такое строение называется нормальным):



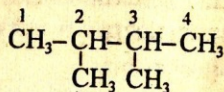
2) Сократим главную цепь на один атом углерода и рассмотрим все возможные положения шестого атома углерода.



3) Сократим главную цепь еще на один атом углерода. Зафиксируем положение одного из оставшихся углеродных атомов и рассмотрим все возможные положения второго атома углерода.

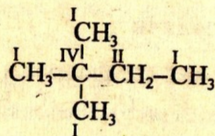


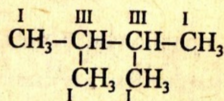
фиксированное положение атома
2,2-диметилбутан



фиксированное положение атома
2,3-диметилбутан

Атом углерода, который соединен с **одним** атомом углерода, называется первичным, с **двумя** атомами углерода — вторичным, с **тремя** атомами углерода — третичным, с **четырьмя** атомами углерода — четвертичным. Обозначим это римскими цифрами:



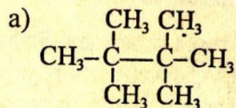


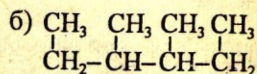
1-3. Напишите графические формулы всех изомерных алканов состава C_7H_{16}. Назовите эти вещества по международной номенклатуре. Укажите первичные, вторичные, третичные и четвертичные атомы углерода.

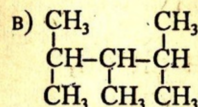
1-4. Напишите графические формулы всех изомерных алканов состава C_8H_{18}. Назовите эти вещества по международной номенклатуре. Укажите первичные, вторичные, третичные и четвертичные атомы углерода.

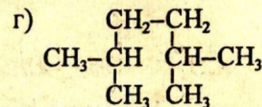
1-5. Напишите графические формулы всех изомерных алканов состава $C_{10}H_{22}$, в которых главная цепь состоит а) из шести атомов углерода, б) из пяти атомов углерода. Назовите эти вещества по международной номенклатуре. Укажите первичные, вторичные, третичные и четвертичные атомы углерода.

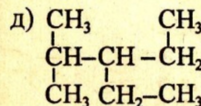
1-6. Сколько веществ изображено данными графическими формулами? Какие из них изомерны друг другу?

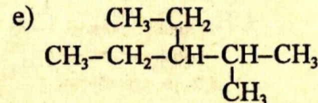
а) 

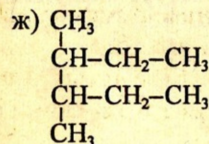
б) 

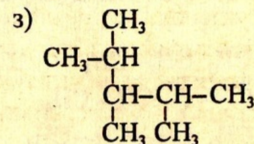
в) 

г) 

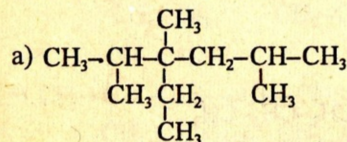
д) 

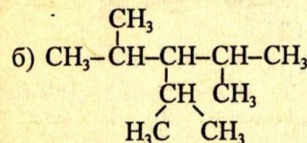
е) 

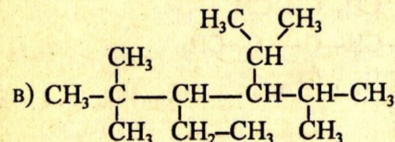
ж) 

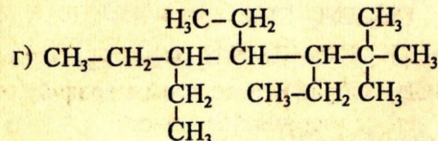
з) 

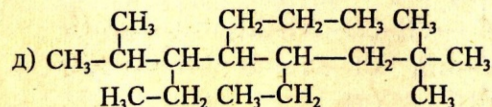
1-7. Назовите по международной номенклатуре следующие вещества:

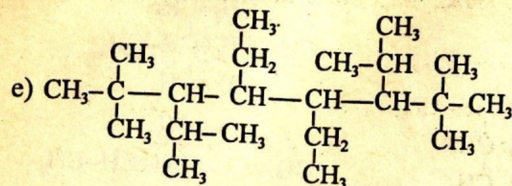
а) 

б) 

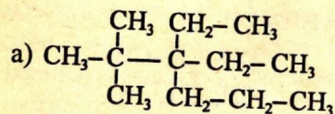
в) 

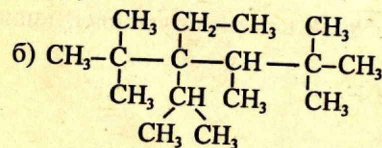
г) 

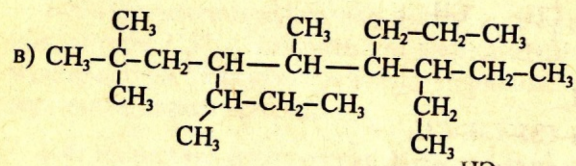
д) 

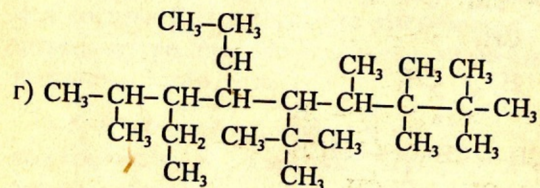


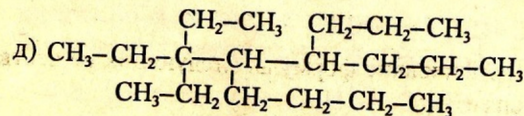
1-8. Назовите по международной номенклатуре следующие вещества:

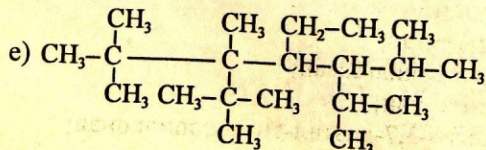




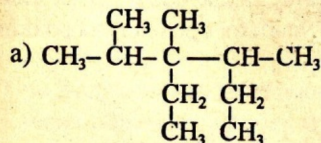


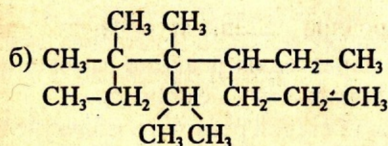


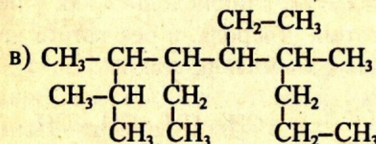


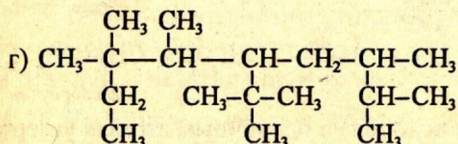


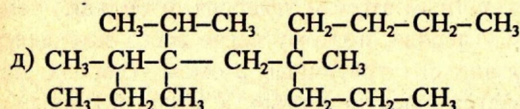
1-9. Назовите по международной номенклатуре следующие вещества:

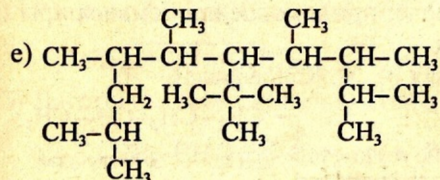












1-10. Напишите графические формулы следующих веществ:

а) 2-метил-3-этилгептан;

б) 2,2,3-триметилбутан;

в) 3-метил-4-пропилгептан;

г) 2,2-диметил-3-изопропилгексан;

д) 3-этил-4-третбутилоктан;

е) 2,3,4,4,8-пентаметил-3,7-диэтил-5изопропилнонан;

ж) 2,2,6-триметил-3,5,5-триэтил-4-пропилгептан.

1-11. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства н-бутана. Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций.

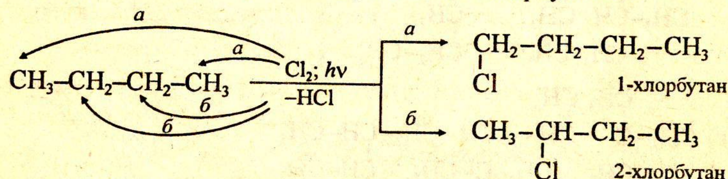
Решение:

1) Горение: $2C_4H_{10} + 13O_2 \rightarrow 8CO_2 + 10H_2O$.

2) Термическое разложение: $C_4H_{10} \xrightarrow{t^\circ;\ \not{O_2}} 4C + 5H_2$.

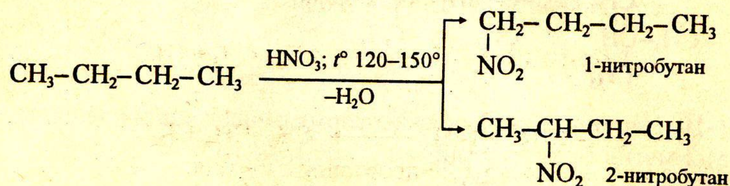
3) Для алканов наиболее характерны реакции замещения, протекающие по свободно-радикальному механизму.

а) *Галогенирование*: на первой стадии реакции в молекуле бутана замещение атома водорода может происходить как у первичного, так и у вторичного атома углерода, в результате чего образуется смесь двух изомерных монохлорбутанов.



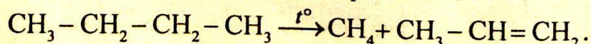
Энергия связи атома водорода с первичным атомом углерода больше, чем со вторичным атомом углерода, и больше, чем с третичным атомом углерода, поэтому легче всего замещается атом водорода, связанный с третичным атомом углерода. Данное явление называется селективностью. У менее активных галогенов оно выражено ярче; при повышении температуры селективность ослабляется.

б) *Нитрование* (реакция М. М. Коновалова).



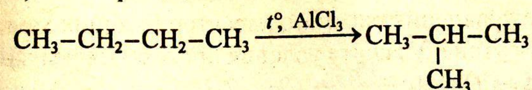
4) Крекинг: $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 \xrightarrow{t^\circ} CH_2=CH_2 + CH_3-CH_3$.

При температуре больше 600 °С увеличивается вероятность несимметричного разрыва углеродной цепи:



$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 \xrightarrow{t^\circ} CH_4 + CH_3-CH=CH_2$.

5) Изомеризация:



При большем числе атомов углерода в молекуле нормального алкана образуется смесь изомерных продуктов реакции.

1-12. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства н-пентана. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

1-13. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства н-гексана. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

1-14. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства метилпропана. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

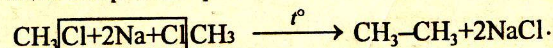
1-15. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства 2,3-диметилбутана. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

1-16. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить этан.

Решение:

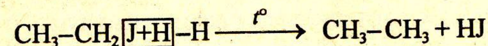
1) Крегинг бутана: $C_4H_{10} \xrightarrow{t^\circ} C_2H_6 + C_2H_4$.

2) Реакция Вюрца-Шорыгина:



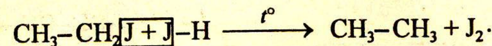
$CH_3\boxed{Cl + 2Na + Cl}CH_3 \xrightarrow{t^\circ} CH_3-CH_3 + 2NaCl$.

3) Восстановление галогенпроизводных:



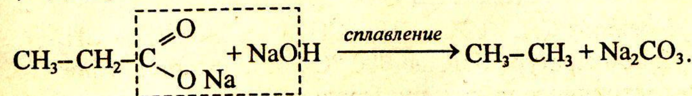
$CH_3-CH_2\boxed{J + H}-H \xrightarrow{t^\circ} CH_3-CH_3 + HJ$

или



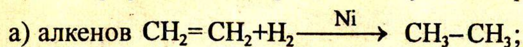
$CH_3-CH_2\boxed{J + J}-H \xrightarrow{t^\circ} CH_3-CH_3 + J_2$.

4)* Декарбоксилирование пропионата натрия:

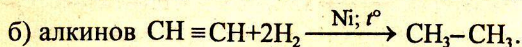


* Реакция 4) будет подробно изучена в последующих темах.

5)* Гидрирование непредельных углеводородов:



а) алкенов $CH_2{=}CH_2 + H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3{-}CH_3$;



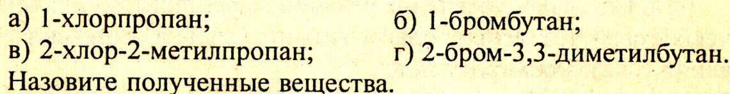
б) алкинов $CH{\equiv}CH + 2H_2 \xrightarrow{Ni;\ t^o} CH_3{-}CH_3$.

1-17. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить пропан.

1-18. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить бутан.

1-19. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить метилпропан.

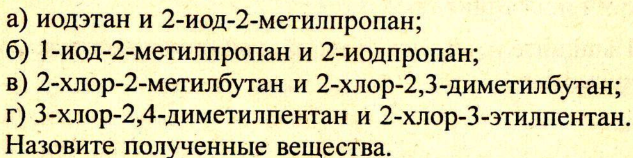
1-20. Напишите уравнения реакций Вюрца для следующих веществ:



а) 1-хлорпропан; б) 1-бромбутан;
в) 2-хлор-2-метилпропан; г) 2-бром-3,3-диметилбутан.

Назовите полученные вещества.

1-21. Напишите уравнения реакций Вюрца для следующих смесей:



а) иодэтан и 2-иод-2-метилпропан;
б) 1-иод-2-метилпропан и 2-иодпропан;
в) 2-хлор-2-метилбутан и 2-хлор-2,3-диметилбутан;
г) 3-хлор-2,4-диметилпентан и 2-хлор-3-этилпентан.

Назовите полученные вещества.

1-22. Напишите уравнения реакций Вюрца, при которых получается бутан.

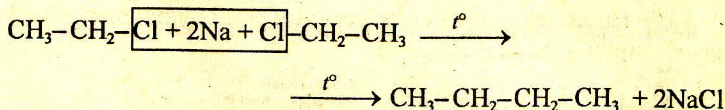
Назовите исходные вещества.

Решение:

Очевидно, что существует два возможных варианта синтеза:

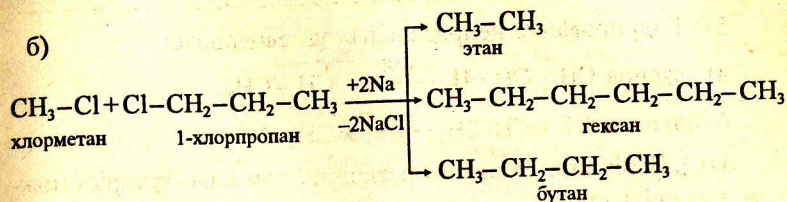


C–C┼C–C и C┼C–C–C
а) б)



$$CH_3{-}CH_2{-}\boxed{Cl + 2Na + Cl}{-}CH_2{-}CH_3 \xrightarrow{t^o}$$
$$\xrightarrow{t^o} CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 + 2NaCl$$

* Реакция 5) будет подробно изучена в последующих темах.

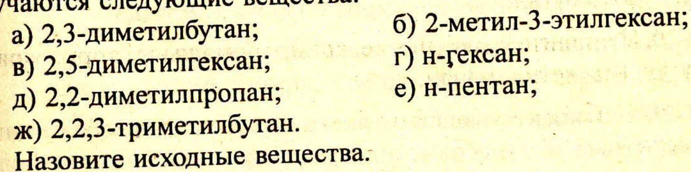


б)

$$CH_3{-}Cl + Cl{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 \xrightarrow[-2NaCl]{+2Na} \begin{cases} CH_3{-}CH_3 \text{ (этан)} \\ CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 \text{ (гексан)} \\ CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 \text{ (бутан)} \end{cases}$$

хлорметан 1-хлорпропан

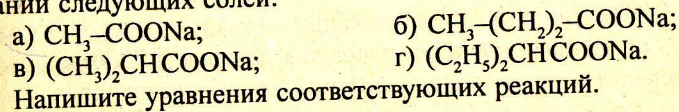
1-23. Напишите уравнения реакций Вюрца, при которых получаются следующие вещества:



а) 2,3-диметилбутан; б) 2-метил-3-этилгексан;
в) 2,5-диметилгексан; г) н-гексан;
д) 2,2-диметилпропан; е) н-пентан;
ж) 2,2,3-триметилбутан.

Назовите исходные вещества.

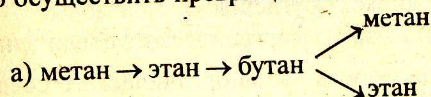
1-24. Какие углеводороды образуются при декарбоксилировании следующих солей:



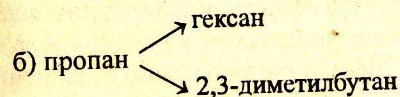
а) $CH_3{-}COONa$; б) $CH_3{-}(CH_2)_2{-}COONa$;
в) $(CH_3)_2CHCOONa$; г) $(C_2H_5)_2CHCOONa$.

Напишите уравнения соответствующих реакций.

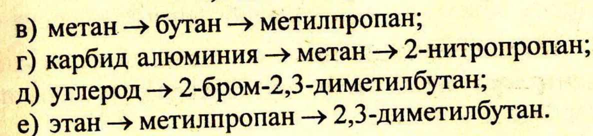
1-25. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:



а) метан → этан → бутан → метан; бутан → этан

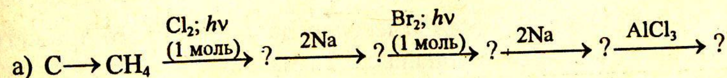


б) пропан → гексан; пропан → 2,3-диметилбутан

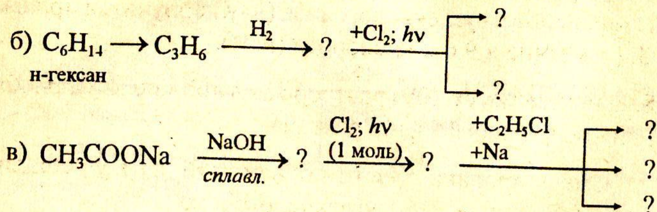


в) метан → бутан → метилпропан;
г) карбид алюминия → метан → 2-нитропропан;
д) углерод → 2-бром-2,3-диметилбутан;
е) этан → метилпропан → 2,3-диметилбутан.

1-26. Напишите уравнения реакций к следующей схеме. Назовите продукты реакций:



$$\text{а) } C \longrightarrow CH_4 \xrightarrow[\text{(1 моль)}]{Cl_2;\ h\nu} ? \xrightarrow{2Na} ? \xrightarrow[\text{(1 моль)}]{Br_2;\ h\nu} ? \xrightarrow{2Na} ? \xrightarrow{AlCl_3} ?$$



1-27*. Относительная плотность паров алкана по водороду равна 50. Выведите молекулярную формулу алкана.

1-28. Относительная плотность паров алкана по воздуху равна 7,31. Выведите молекулярную формулу алкана.

1-29*. Относительная плотность паров углеводорода по водороду равна 36. Массовые доли углерода и водорода в нем равны соответственно 83,33% и 16,67%.

Выведите молекулярную формулу этого углеводорода.

1-30. Плотность углеводорода при нормальных условиях равна 2,59 г/л. Массовая доля углерода в нем равна 82,76%.

Выведите молекулярную формулу этого углеводорода.

1-31*. Относительная плотность паров органического соединения по кислороду равна 1,375. При сжигании 4,4 г этого вещества образуется 13,2 г диоксида углерода и 7,2 г воды.

Выведите молекулярную формулу органического соединения.

1-32. Относительная плотность паров органического соединения по водороду равна 71. При сжигании 2,84 г этого вещества образуется 4,48 л диоксида углерода (н. у.) и 3,96 г воды.

Выведите молекулярную формулу органического соединения.

1-33*. Найдите объем хлора (н. у.), необходимый для получения 15,7 г 2-хлорпропана.

1-34. Найдите массу воды, необходимой для получения метана из 3,6 г карбида алюминия.

1-35*. Найдите объем кислорода, необходимый для сжигания смеси, состоящей из 10 моль метана, 10 г этана и 10 л пропана (н. у.).

1-36*. Найдите массу углеводорода, полученного при нагревании 24,6 г 2-бромпропана с 5,2 г натрия. Назовите этот углеводород.

1-37. Какой объем углекислого газа (н. у.) получится при сжигании 3,2 г метана в 9,6 л кислорода (н. у.).

1-38. Найдите массу 10% раствора азотной кислоты, необходимой для получения 15 г нитроэтана.

1-39*. Смесь пропана с азотом объемом 80 л (н. у.) сожгли в кислороде и получили 396 г углекислого газа.

Найдите объемную долю азота в исходной газовой смеси.

1-40.* При хлорировании метана объемом 112 л (н. у.) получен тетрахлорметан массой 500,5 г.

Найдите долю выхода продукта реакции.

1-41. Найдите массу карбида алюминия, необходимого для получения 112 л метана (н. у.), если доля выхода продуктов реакции составляет 80% от теоретически возможного.

1-42. Найдите массу бутана, полученного при крекинге 285 г октана, если доля выхода продуктов крекинга составляет 75% от теоретически возможного.

1-43. Найдите массу этана, полученного синтезом Вюрца из 8,96 л метана (н. у.).

1-44. Какой объем кислорода (н. у.) потребуется для сжигания метана, полученного действием соляной кислоты на 468 г карбида натрия?

1-45*. Какой объем этана (н. у.) потребуется для получения синтезом Вюрца 11,6 г бутана, если доли выхода продуктов реакций в процессе синтеза равны соответственно 75% и 80% от теоретически возможного?

1-46. Из 20 л метана (н. у.) синтезом Вюрца получено 6,4 л этана (н. у.). Доли выхода продуктов на обеих стадиях синтеза равны.

Найдите доли выхода продуктов реакций.

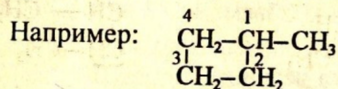
1-47. Найдите массу 2-нитробутана, полученного при действии 980 г 10% раствора азотной кислоты на 87 г бутана, если доля выхода продуктов реакции составляет 75% от теоретически возможного.

§ 2. Циклоалканы (Циклопарафины)

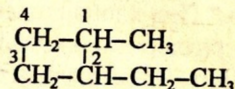
Циклоалканы — циклические предельные углеводороды. Общая формула C_nH_{2n}, где $n \geq 3$.

НОМЕНКЛАТУРА

Главная цепь молекулы циклоалкана — замкнутый цикл. Нумерация атомов углерода в главной цепи определяется положением простейшего радикала.

Например: 

метилциклобутан



1-метил-2-этилциклобутан

СТРОЕНИЕ

Атомы в молекулах циклопарафинов связаны σ-связями. Атомы углерода находятся в состоянии sp^3-гибридизации (см. § 1). Гибридные электронные облака *стремятся* расположиться под углом 109° 28′. В молекулах циклопарафинов валентные углы не равны 109° 28′, вследствие чего молекулы испытывают напряжение (максимальная неустойчивость в трехатомных циклах, максимальная устойчивость в шестиатомных циклах).

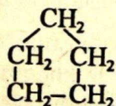
Свойства циклоалканов обусловлены их строением. Для них характерны реакции замещения и возможны реакции присоединения, протекающие с разрывом цикла.

Упражнения и задачи

2-1. Напишите графические формулы всех изомерных циклоалканов состава C_5H_{10}.

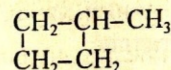
Решение:

1) Составить графическую формулу углеводорода с неразветвленной цепью, т. е. нормального строения:



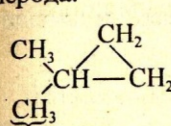
циклопентан

2) Сократим главную цепь на один атом углерода, оставшийся атом образует боковую цепь.



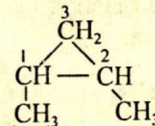
метилциклобутан

3) Сократим главную цепь еще на один атом углерода. Зафиксируем положение одного из оставшихся углеродных атомов и рассмотрим все возможные положения второго атома углерода.



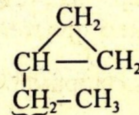
фиксированное положение атома

1,1-диметилциклопропан



фиксированное положение атома

1,2-диметилциклопропан



фиксированное положение атома

этилциклопропан

2-2. Напишите графические формулы всех изомерных циклоалканов состава C_6H_{12}. Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

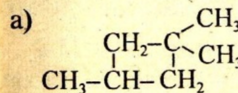
2-3. Напишите графические формулы всех изомерных циклоалканов состава C_7H_{14}, в которых главная цепь состоит из

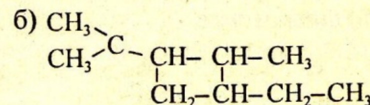
а) пяти атомов углерода;

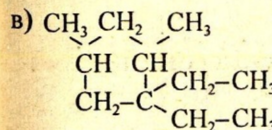
б) четырех атомов углерода.

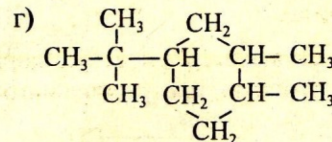
Назовите их по международной номенклатуре.

2-4. Назовите по международной номенклатуре следующие вещества:

а) 

б) 

в) 

г) 

2-5. Напишите графические формулы следующих веществ:

а) 1,1-диметил-2-этилциклопентан;

б) 1-этил-2-изопропилциклогексан;

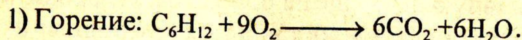
в) 1,2-диметил-1,2-дипропилциклопентан;

г) 1-этил-2,4-диизобутилциклопентан.

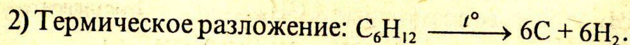
2-6. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства метилциклопентана.

Решение:

1) Горение: $C_6H_{12} + 9O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$.

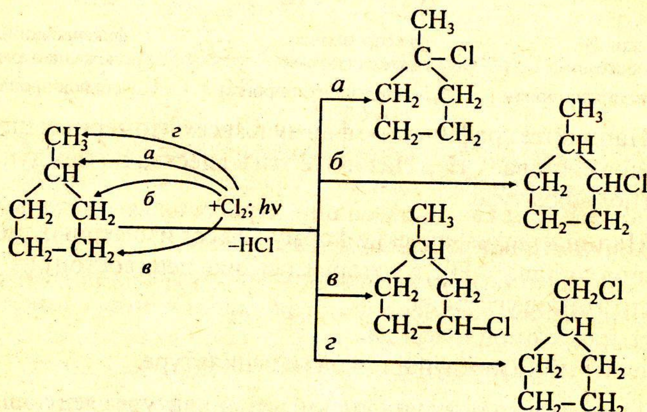


2) Термическое разложение: $C_6H_{12} \xrightarrow{t^\circ} 6C + 6H_2$.



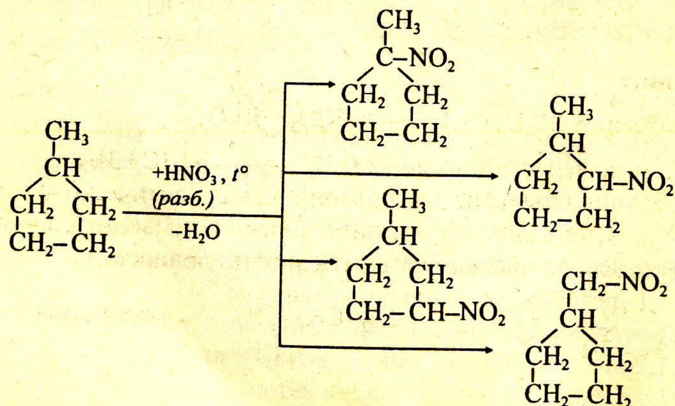
3) Для циклоалканов наиболее характерны реакции замещения:

а) *галогенирование*

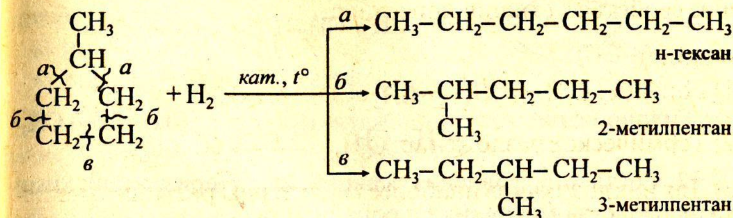


Легче всего протекает реакция *а* (см. упр. 1-1);

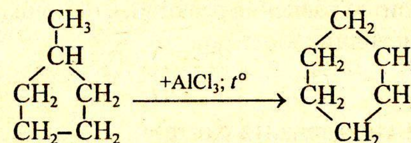
б) *нитрование*



4) Гидрирование:



5) Изомеризация (в направлении увеличения устойчивости цикла).



2-7. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства циклогексана.

2-8. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства 1,2-диметилциклопентана.

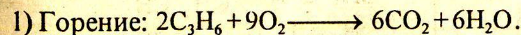
2-9. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства 1,3-диметилциклопентана.

2-10. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства этилциклопентана.

2-11. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства циклопропана.

Решение:

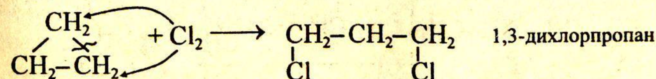
1) Горение: $2C_3H_6 + 9O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$.



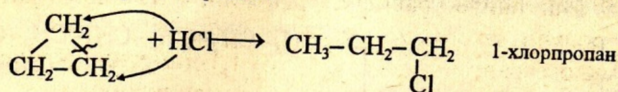
2) Термическое разложение: $C_3H_6 \xrightarrow{t^\circ} 3C + 3H_2$.

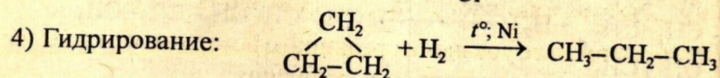


3) Реакция замещения для циклопропана практически невозможна, т. к. большое напряжение в молекуле приводит к легкому разрушению цикла при взаимодействии с хлором



и даже с хлороводородом





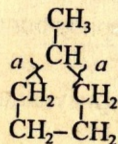
2-12. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства метилциклопропана.

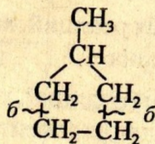
2-13. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства 1,2-диметилциклопропана.

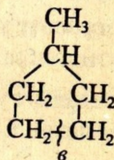
2-14. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить метилциклопентан.

Решение:

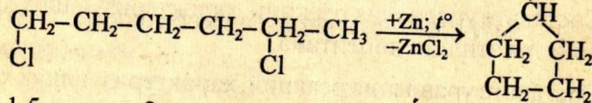
Существует три варианта синтеза:



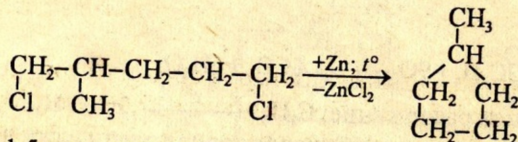




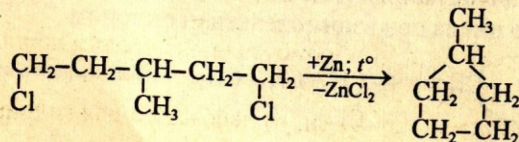
а) 1,5-дихлоргексан



б) 1,5-дихлор-2-метилпентан



в) 1,5-дихлор-3-метилпентан



2-15. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить

а) циклогексан; б) 1,1-диметилциклопентан;
в) 1,2-диметилциклопентан; г) этилциклогексан.

2-16. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

а) 1,4-дибромбутан → циклобутан → бутан;
б) 1,4-дибромпентан → метилциклобутан → изопентан;
в) метилциклобутан → циклопентан → пентан → этан;
г) 1,2-диметилциклопропан → циклопентан → метан.

2-17. Относительная плотность паров циклоалкана по азоту равна 5. Выведите молекулярную формулу циклоалкана.

2-18. Плотность циклоалкана при нормальных условиях равна 2,5 г/л.

Выведите молекулярную формулу циклоалкана.

2-19. Относительная плотность паров углеводорода по азоту равна 3. Массовые доли углерода и водорода в нем равны соответственно 85,71% и 14,29%.

Выведите молекулярную формулу углеводорода.

2-20. Относительная плотность паров углеводорода по водороду равна 35. Массовые доли углерода и водорода в нем равны соответственно 85,715% и 14,285%.

Выведите молекулярную формулу углеводорода.

2-21. 1,875 г органического соединения при нормальных условиях занимает объем 1 л. При сжигании 4,2 г этого соединения образуется 13,2 г углекислого газа и 5,4 г воды.

Выведите молекулярную формулу органического соединения.

2-22. Относительная плотность паров органического соединения по водороду равна 28. При сжигании 19,6 г этого соединения образуется 31,36 л углекислого газа (н.у.) и 25,2 г воды.

Выведите молекулярную формулу органического соединения.

2-23. Найдите массу 1,4-дибромбутана, необходимую для получения 11,2 г циклобутана.

2-24. Какой объем водорода (н. у.) необходим для гидрирования 25,2 г метилциклопентана?

2-25. Найдите объем кислорода, необходимый для сжигания 500 мл циклопропана.

2-26. Найдите массу циклогексана, полученного при нагревании 14 г цинка с 48,8 г 1,6-дибромгексана.

2-27. На 350 г метилциклобутана подействовали водородом, занимающим при нормальных условиях объем 120 л.

Найдите массу полученного продукта.

2-28. Найдите массу 6,3% раствора азотной кислоты, необходимую для получения нитроциклогексана из 67,2 г циклогексана.

2-29. При получении хлорциклопентана из циклопентана выделился хлороводород, растворив который в воде получили 200 г 36,5% раствора соляной кислоты.

Найдите объем использованного в реакции хлора (н.у.).

2-30. При хлорировании 13,44 л циклопропана (н. у.) получен 1,2-дихлорпропан массой 64,41 г.

Найдите долю выхода продукта реакции.

2-31. Найдите массу 1,5-дибромпентана, необходимую для получения 280 г циклопентана, если доля выхода продуктов реакции составляет 80% от теоретически возможного.

2-32. Найдите массу бутана, полученного при гидрировании 672 л циклобутана, если доля выхода продуктов реакции составляет 75% от теоретически возможного.

2-33. 1-хлорпропан, полученный при гидрохлорировании 126 г циклопропана, нагрели с избытком натрия.

Найдите массу образовавшегося гексана.

2-34. 1,5-дибромпентан массой 161 г нагрели с избытком цинковой пыли.

Найдите объем водорода (н.у.), необходимый для гидрирования полученного циклопентана.

2-35. Найдите массу нитроциклопентана, который образуется при действии 1200 г 5% раствора азотной кислоты на 56 г циклопентана, если доля выхода продуктов реакции составляет 80% от теоретически возможного.

2-36. 10 г циклогексана сожгли в избытке кислорода и полученный углекислый газ пропустили через избыток раствора гидроксида кальция, в результате чего выпал осадок массой 45 г.

Найдите массовую долю негорючих примесей в циклогексане, если доля выхода продуктов горения составляет 75% от теоретически возможного.

§ 3. Алкены

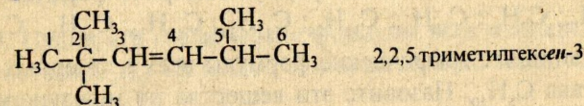
Алкены — непредельные углеводороды, содержащие одну двойную связь.

Общая формула C_nH_{2n}.

НОМЕНКЛАТУРА (см. § 1)

В названии указывается цифрой атом углерода, после которого стоит двойная связь. Нумерация главной цепи начинается с того конца, к которому ближе двойная связь. Наличие двойной связи показывает суффикс *-ен* в названии главной цепи.

Например:



2,2,5 триметилгекс*ен*-3

Радикалы алкенов: $CH_2{=}CH–$ винил

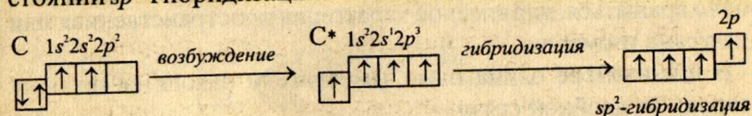
$H_3C–CH{=}CH–$ пропенил

ИЗОМЕРИЯ

Изомерия 1) строения углеродного скелета, 2) положения кратной (двойной) связи, 3) пространственная (цис-транс) изомерия, 4) межгрупповая (с циклоалканами).

СТРОЕНИЕ

Атомы углерода, образующие двойную связь, находятся в состоянии sp^2-гибридизации:



Гибридные электронные облака располагаются в одной плоскости под углом 120° и образуют σ-связи (см. рис. 2 *а*). Облака *p*-электронов располагаются перпендикулярно плоскости σ-связей и образуют π-связь (см. рис. 2 *б*).

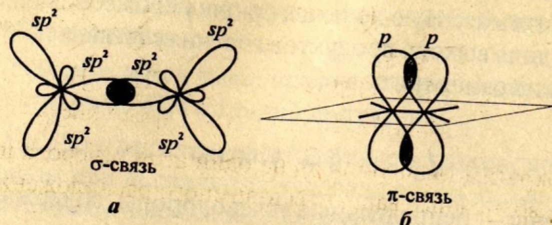


Рис. 2

Свойства алкенов обусловлены их строением. Они обладают большей реакционной способностью, чем алканы. Для алкенов наиболее характерны реакции *присоединения*, идущие по ионному механизму.

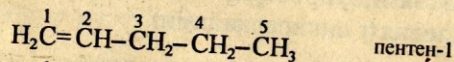
Упражнения и задачи

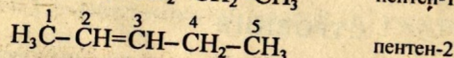
3-1. Из приведенных ниже формул выберите формулы алкенов: C_5H_{12}; C_7H_{14}; $C_{10}H_{22}$; $C_{11}H_{24}$; $C_{12}H_{24}$; $C_{15}H_{30}$; $C_{16}H_{34}$; $C_{31}H_{62}$.

3-2. Напишите графические формулы всех изомерных алкенов состава C_5H_{10}. Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

Решение:

1. Составим графическую формулу углеводорода с неразветвленной цепью и рассмотрим все возможные положения кратной (двойной) связи.

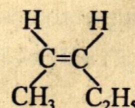




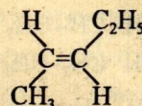
Так как вокруг двойной связи атомы углерода не могут свободно вращаться, для алкенов характерна пространственная или цис-транс изомерия.

В цис-изомере одинаковые заместители находятся по одну сторону от двойной связи.

В транс-изомере одинаковые заместители находятся по разные стороны от двойной связи.

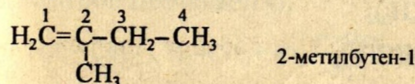


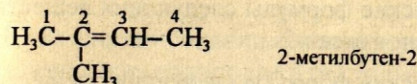
цис-пентен-2

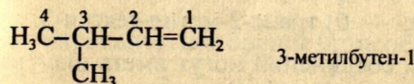


транс-пентен-2

2. Сократим главную цепь на один атом углерода и рассмотрим все возможные варианты взаимного расположения радикала CH_3 и кратной связи:







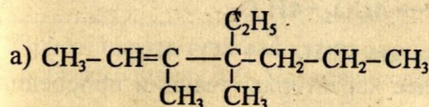
3-3. Напишите графические формулы всех изомерных алкенов состава C_4H_8. Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

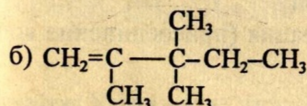
3-4. Напишите графические формулы всех изомерных алкенов состава C_6H_{12}. Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

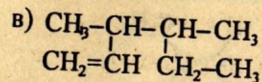
3-5. Напишите графические формулы следующих углеводородов:

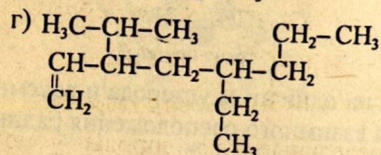
а) 3-метилбутен-1; б) 2,3-диметилбутен-2;
в) 4-метилпентен-1; г) 2,3,4-триметилпентен-1;
д) 3,4,4-триметилпентен-2; е) 3,5-диметил-4-этилгексен-2.

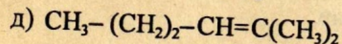
3-6. Назовите следующие вещества по международной номенклатуре:

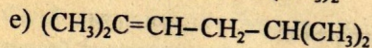
а) 

б) 





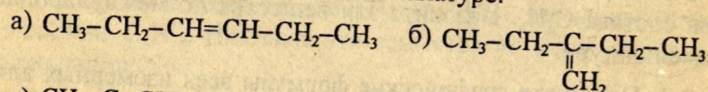


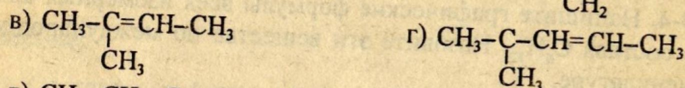


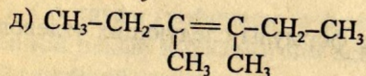
3-7. Напишите графические формулы следующих веществ: а) цис-гексен-2 и б) транс-гексен-2.

3-8. Напишите графические формулы следующих веществ: а) цис-2-метил-гексен-3; б) транс-2-метил-гексен-3.

3-9. Какие из указанных соединений могут иметь цис-транс изомеры? Напишите их графические формулы. Назовите эти соединения по международной номенклатуре.

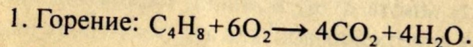




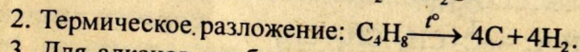


3-10. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства бутена-1. Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций.

Решение:



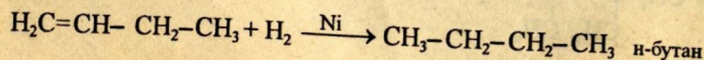
1. Горение: $C_4H_8 + 6O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 4H_2O$.



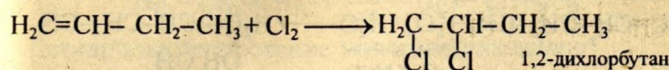
2. Термическое разложение: $C_4H_8 \xrightarrow{t^\circ} 4C + 4H_2$.

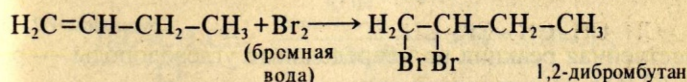
3. Для алкенов наиболее характерны реакции присоединения по месту разрыва двойной связи:

а) гидрирование или гидрогенизация (присоединение водорода):

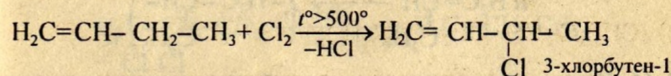


б) галогенирование (присоединение галогенов):



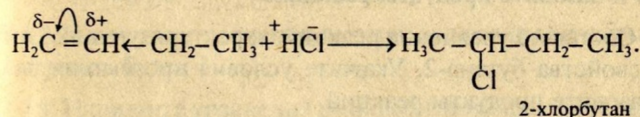


(качественная реакция на непредельные углеводороды — бромная вода обесцвечивается).



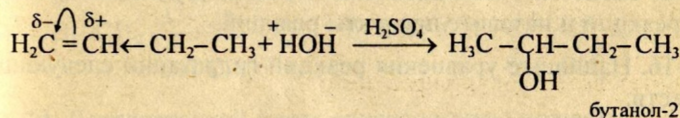
При галогенировании алкенов при $t > 500°$ происходит реакция замещения водорода на галоген в радикале.

в) гидрогалогенирование (присоединение галогеноводородов):

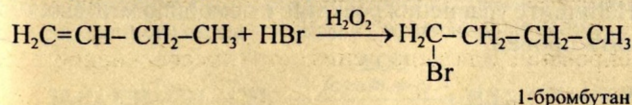


Присоединение происходит по правилу В. В. Марковникова, т. е. водород присоединяется к наиболее гидрогенизированному атому углерода.*

г) гидратация (присоединение воды):

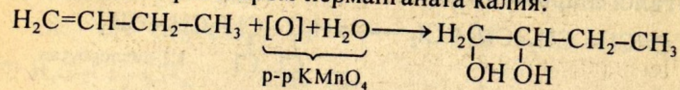


*Присоединение бромоводорода в присутствии перекиси водорода идет вопреки правилу В. В. Марковникова:



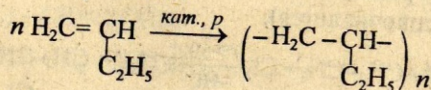
(эффект Хараша)

д) окисление раствором перманганата калия:



(качественная реакция на непредельные углеводороды — раствор $KMnO_4$ обесцвечивается);

е) реакция полимеризации:



3-11. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства пропилена. Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций.

3-12. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства метилпропена. Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций.

3-13. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства бутена-2. Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций.

3-14. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства пентена-2. Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций.

3-15. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства 3-метилпентена-1. Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций.

3-16. Напишите уравнения реакций гидратации следующих веществ:

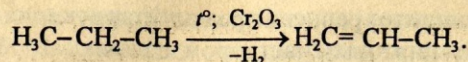
а) гексен-2; б) 4-метилпентен-2;
в) 2,3-диметилпентен-2; г) 2,2,6-триметилгептен-3.

Дайте теоретическое обоснование направлению этих реакций.

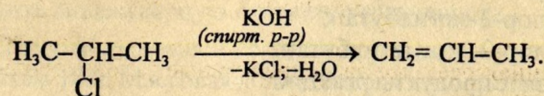
3-17. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить пропен.

Решение:

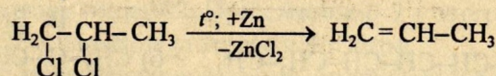
1. Дегидрирование алканов:



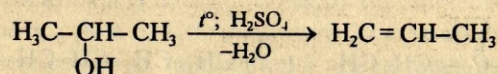
2. Дегидрогалогенирование моногалогеналкилов*



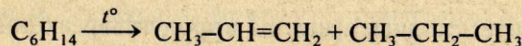
3. Дегалогенирование дигалогеналкилов:



4. Дегидратация спиртов:



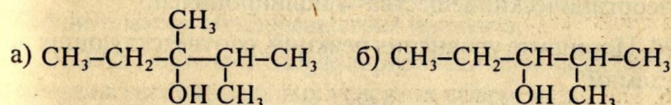
5. Крекинг алканов:



3-17. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить бутен-1.

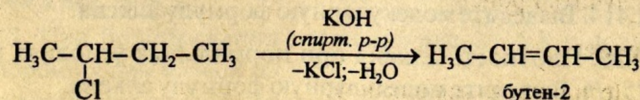
3-18. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить 2-метилбутен-2.

3-19. Какие углеводороды образуются при дегидратации следующих спиртов? Напишите уравнения реакций, назовите продукты.



3-20. Дегидратацией каких спиртов можно получить
а) 4-метилпентен-1; б) 2,4-диметилпентен-2 ?
Напишите уравнения реакций.

*При дегидрогалогенировании и дегидратации несимметричной молекулы отщепление водорода идет преимущественно от наименее гидрогенизированного атома углерода — правило А. М. Зайцева:



3-21. Напишите уравнения реакций следующих галогенпроизводных со спиртовым раствором щелочи:

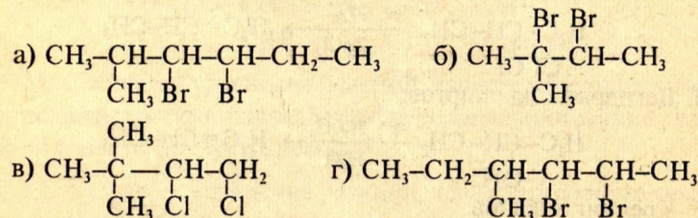
а) 2-бром-2-метилбутан;

б) 2-хлор-2-метилбутан;

в) 2-хлор-2,3-диметилбутан.

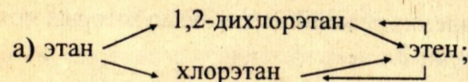
Назовите продукты реакций.

3-22. Напишите уравнения реакций дегалогенирования при нагревании с цинковой пылью следующих веществ:



Назовите исходные вещества и продукты реакций.

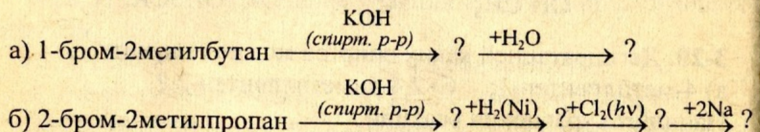
3-23. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



б) этан → бутен-1 → циклобутан → пропан → 2-метилпентен-1 → циклогексан;

в) неорганические вещества → полипропилен.

3-24. Напишите уравнения реакций, соответствующих данным схемам:



Назовите продукты реакций.

3-25. Относительная плотность паров алкена по воздуху равна 2,414. Выведите молекулярную формулу алкена.

3-26. Плотность алкена при нормальных условиях равна 1,875 г/л. Выведите молекулярную формулу алкена.

3-27. Относительная плотность паров углеводорода по водороду равна 49. Массовая доля углерода в нем равна 85,71%, массовая доля водорода равна 14,29%.

Выведите молекулярную формулу углеводорода.

3-28. Углеводород массой 25 г при нормальных условиях занимает объем 10 л. Массовая доля углерода в нем равна 85,71%.

Выведите молекулярную формулу углеводорода.

3-29. Относительная плотность паров органического вещества по водороду равна 42. При сжигании 7 г этого вещества образуется 22 г диоксида углерода и 9 г воды.

Выведите молекулярную формулу органического вещества.

3-30. Относительная плотность паров органического соединения по азоту равна 5. При сжигании 35 г этого соединения получен углекислый газ, занимающий при нормальных условиях объем 56 л, и вода массой 45 г.

Выведите молекулярную формулу органического соединения.

3-31. Найдите массу бромоводорода, необходимого для гидробромирования 12,6 г пропена.

3-32. Найдите объем этилена (н. у.), полученного при дегидратации этанола массой 32,2 г.

3-33. Какой объем кислорода (н. у.) необходим для сжигания 3,2 л бутена-2 ?

3-34. На 2,52 г гексена-3 подействовали 0,7 г воды в присутствии концентрированной серной кислоты.

Найдите массу образовавшегося продукта.

3-35. 39,2 г бутена-2 гидрохлорировали хлороводородом, занимающим при нормальных условиях объем 18 л.

Найдите количество вещества полученного продукта.

3-36. Метилпропен массой 7 г обесцвечивает 500 г бромной воды.

Найдите массовую долю брома в бромной воде.

3-37. Найдите объем водорода (н. у.), необходимый для гидрирования 50 л смеси пропана и пропена, если объемная доля пропана в ней 20%.

3-38. При бромировании пропена массой 16,8 г получен 1,2-дибромпропан массой 60,6 г.

Найдите долю выхода продукта реакции.

2 Зак. № 846

3-39. Найдите массу спирта, полученного при гидратации 112 л бутена-2 (н. у.), если доля выхода продукта реакции составляет 60% от теоретически возможного.

3-40. Найдите объем этана (н. у.), необходимого для получения 134,4 г этилена, если доля выхода продуктов реакции составляет 80% от теоретически возможного.

3-41. 78,4 л бутена-1 (н. у.) сожгли в избытке кислорода. Полученный углекислый газ пропустили через избыток раствора гидроксида кальция. Найдите массу выпавшего при этом осадка.

3-42. Найдите объем пропана (н. у.), необходимого для получения 10,5 кг полипропилена.

3-43. 7,84 л пропена (н. у.) пропустили через 1 кг 2% водного раствора брома и получили 20,2 г 1,2-дибромпропана. Найдите долю выхода продукта реакции.

3-44. К смеси пентена-2 и азота массой 8,75 г добавили избыток кислорода и подожгли. Для поглощения полученной газовой смеси потребовалось 320 г 10% раствора гидроксида натрия (при этом образовалась средняя соль). Найдите массовую долю азота в исходной смеси, если доля выхода продуктов горения составляет 80% от теоретически возможного.

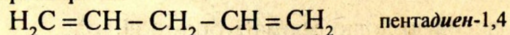
§ 4. Алкадиены

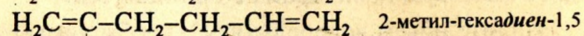
Алкадиены — непредельные углеводороды, в молекулах которых две двойные связи.

Общая формула C_nH_{2n-2}

НОМЕНКЛАТУРА (см. § 1 и § 3)

В названии цифрами указываются атомы углерода, после которых стоит двойная связь. Перед суффиксом *-ен* — частица *ди-*, например:





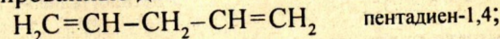
Изомерия: 1) строения углеродного скелета;
2) положения кратных связей;
3) пространственная изомерия;
4) межгрупповая изомерия (с алкинами).

СТРОЕНИЕ

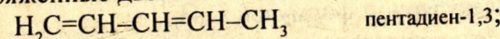
Атомы углерода при двойных связях находятся в состоянии sp^2-гибридизации.

Различают:

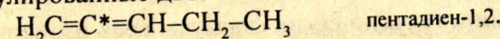
а) изолированные двойные связи



б) сопряженные двойные связи



в) кумулированные двойные связи



Наибольший интерес представляют молекулы с сопряженными двойными связями. Длина всех связей приблизительно одинакова, что объясняется перераспределением электронной плотности π-связи (сопряжением) (рис. 3).

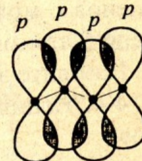


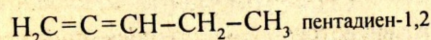
Рис. 3

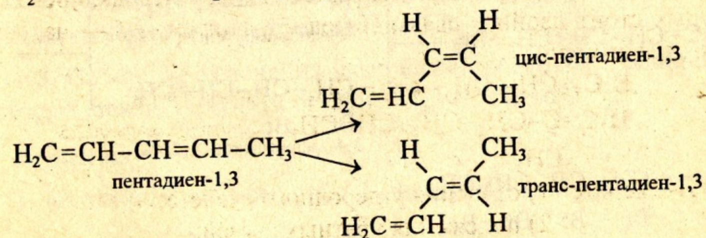
Свойства алкадиенов обусловлены их строением. Для них наиболее характерны реакции присоединения (см. § 3. Алкены). Для алкадиенов с сопряженными двойными связями наиболее характерно на первой ступени реакции 1,4-присоединение.

Упражнения и задачи

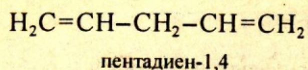
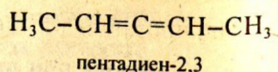
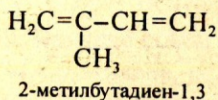
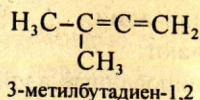
4-1. Напишите графические формулы всех изомерных алкадиенов с молекулярной формулой C_5H_8. Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

Решение:





C* — *sp*-гибридизация.

4-2. Напишите графические формулы всех изомерных алкадиенов с молекулярной формулой C_6H_{10}.

Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

4-3. Напишите графические формулы всех изомерных алкадиенов с молекулярной формулой C_7H_{12}, имеющих в главной цепи 5 атомов углерода.

Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

4-4. Напишите графические формулы следующих алкадиенов:

а) 2,3-диметилбутадиен-1,3;

б) 2,4-диметилгексадиен-2,4;

в) 3,4-диметилпентадиен-1,3;

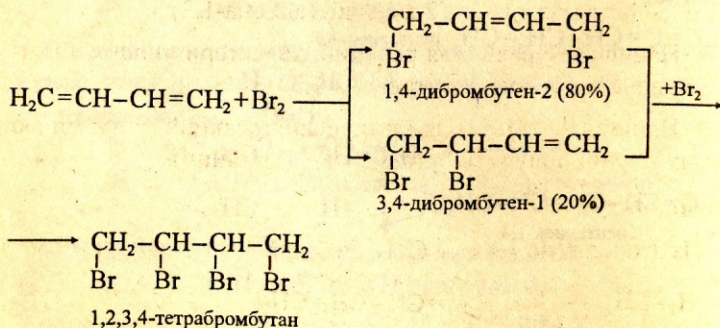
г) 2,3-диметилгексадиен-2,4.

4-5. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства бутадиена-1,3 (дивинила)

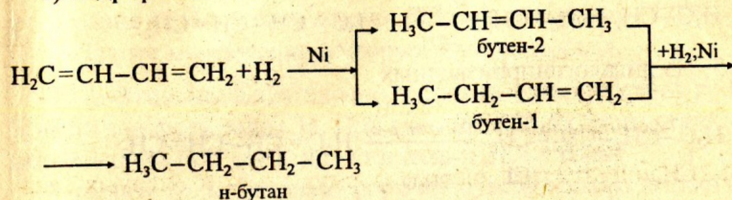
Решение:

1. Для алкадиенов наиболее характерны реакции присоединения:

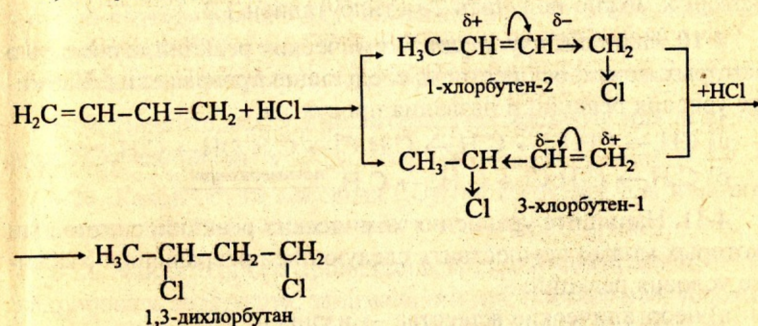
а) галогенирование



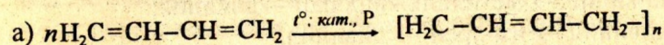
б) гидрирование

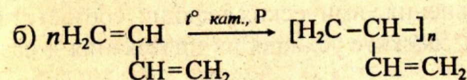


в) гидрогалогенирование



2. Полимеризация:





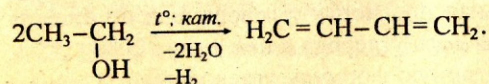
4-6. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства изопрена (2-метилбутадиена-1,3).

4-7. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства 2-метилпентадиена-1,3.

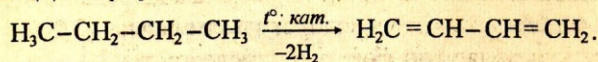
4-8. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно получить бутадиен-1,3 (дивинил).

Решение:

1. Из этанола (по методу С. В. Лебедева)

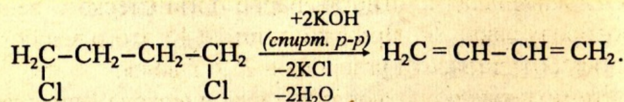


2. Дегидрирование алкана



$$H_3C-CH_2-CH_2-CH_3 \xrightarrow[-2H_2]{t^\circ;\ кат.} H_2C=CH-CH=CH_2.$$

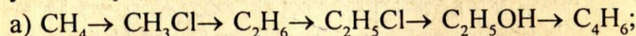
3. Из дигалогенпроизводных



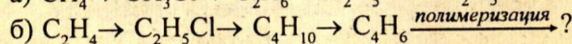
$$\underset{Cl}{H_2C}-CH_2-CH_2-\underset{Cl}{CH_2} \xrightarrow[-2KCl,\ -2H_2O]{+2KOH\ (спирт.\ р\text{-}р)} H_2C=CH-CH=CH_2.$$

4-9. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно получить 2-метилбутадиен-1,3.

4-10. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия реакций и названия продуктов:



а) $CH_4 \rightarrow CH_3Cl \rightarrow C_2H_6 \rightarrow C_2H_5Cl \rightarrow C_2H_5OH \rightarrow C_4H_6$;



б) $C_2H_4 \rightarrow C_2H_5Cl \rightarrow C_4H_{10} \rightarrow C_4H_6 \xrightarrow{полимеризация} ?$

4-11. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия реакций:

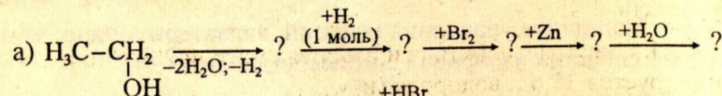
а) неорганические вещества → изопрен;

б) октан → дивинил → октан;

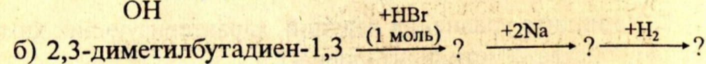
в) дивинил → метилциклопропан → дивинил;

г) дивинил → изопрен → дивинил.

4-12. Напишите уравнения химических реакций, соответствующих данным схемам. Укажите условия их протекания и назовите вещества.



а) $H_3C-\underset{OH}{CH_2} \xrightarrow{-2H_2O;-H_2} ? \xrightarrow{+H_2\ (1\ моль)} ? \xrightarrow{+Br_2} ? \xrightarrow{+Zn} ? \xrightarrow{+H_2O} ?$



б) 2,3-диметилбутадиен-1,3 $\xrightarrow{+HBr\ (1\ моль)} ? \xrightarrow{+2Na} ? \xrightarrow{+H_2} ?$

4-13. Плотность алкадиена при нормальных условиях равна 2,41 г/л. Выведите молекулярную формулу алкадиена.

4-14. Относительная плотность паров алкадиена по диоксиду углерода равна 2,5.

Выведите молекулярную формулу алкадиена.

4-15. Относительная плотность углеводорода по кислороду равна 1,25. Массовая доля углерода в нем равна 90%.

Выведите молекулярную формулу углеводорода.

4-16. Относительная плотность паров углеводорода по водороду равна 41. Массовая доля водорода в нем равна 12,2%.

Выведите молекулярную формулу углеводорода.

4-17. Относительная плотность паров органического вещества по водороду равна 34. При сжигании 20,4 г этого вещества образовалось 66 г диоксида углерода и 21,6 г воды.

Выведите молекулярную формулу органического вещества.

4-18. Относительная плотность паров органического вещества по воздуху равна 3,31. При сжигании 24 г этого вещества образовалось 39,2 л углекислого газа (н. у.) и 27 г воды.

Выведите молекулярную формулу органического вещества.

4-19. Найдите массу изопентана, необходимую для получения 272 г изопрена.

4-20. Какой объем водорода (н. у.) потребуется для полного гидрирования 32,4 г дивинила?

4-21. Найдите объем пропадиена, который можно полностью гидрировать водородом, занимающим при нормальных условиях объем 500 $м^3$.

4-22. Какой объем займет при нормальных условиях углекислый газ, образовавшийся при горении 6,2 г дивинила в 11,2 л кислорода (н. у.)?

4-23. Найдите максимальную массу бромной воды с массовой долей брома, равной 2%, которую может обесцветить 1,12 л бутадиена-1,4.

4-24. Смесь метилбутана и изопрена массой 200 г полностью гидрируется 33,6 л водорода (н. у.).

Найдите массовую долю алкана в исходной смеси.

4-25. При бромировании 10,8 г дивинила избытком брома образуется 56,1 г 1,2,3,4-тетрабромбутана.

Найдите долю выхода продукта реакции.

4-26. Какая масса 2-метилбутана необходима для получения 18,36 г изопрена, если доля выхода продукта реакции составляет 90% от теоретически возможного?

4-27. Найдите массу изопренового каучука, которую можно получить из 100 кг н-пентана.

4-28. Какую массу дивинила можно получить из 156,8 л этана (н. у.)?

4-29. Газ, полученнный при сжигании 20,4 г пентадиена-1,3 в 62,72 л кислорода (н. у.), пропустили через избыток раствора гидроксида кальция.

Найдите массу выпавшего при этом осадка.

4-30. Найдите объем этана (н. у.), необходимого для получения 162 г дивинила, если доля выхода продуктов первой стадии синтеза — 80%, второй стадии — 75%, а третья стадия идет с количественным выходом.

§ 5. Алкины

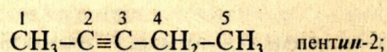
Алкины — непредельные углеводороды, имеющие в молекуле одну тройную связь.

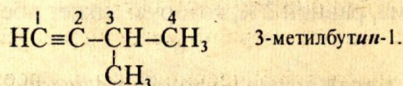
Общая формула C_nH_{2n-2}

НОМЕНКЛАТУРА (см. §1, §3)

В названии цифрами указывается атом углерода, после которого стоит тройная связь. Наличие тройной связи обозначается суффиксом ***-ин***;

например:

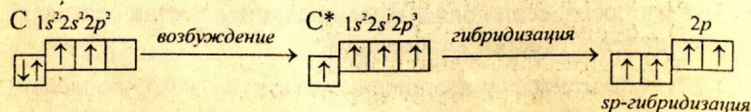




Изомерия 1) строения углеродного скелета;
2) положения кратной связи;
3) межгрупповая (с алкадиенами).

СТРОЕНИЕ

Атомы углерода, образующие тройную связь, находятся в состоянии *sp*-гибридизации:



Гибридные электронные облака располагаются на одной прямой, т. е. под углом 180° и образуют σ-связи. Не участвующие в процессе гибридизации р-электроны образуют две π-связи во взаимно перпендикулярных плоскостях (рис. 4).

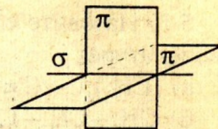


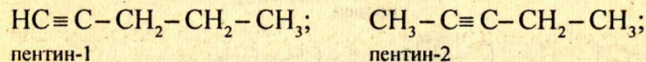
Рис. 4

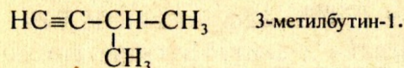
Свойства алкинов обусловлены их строением. Для них, как и для алкенов, характерны реакции присоединения, но при этом они проявляют меньшую активность из-за большей прочности тройной связи. Возможны и реакции замещения атома водорода у углерода при тройной связи на атом металла.

Упражнения и задачи

5-1. Напишите графические формулы всех изомерных алкинов с молекулярной формулой C_5H_8. Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

Решение:





5-2. Напишите графические формулы всех изомерных алкинов с молекулярной формулой C_6H_{10}.

Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

5-3. Напишите графические формулы всех изомерных алкинов с молекулярной формулой C_7H_{12}, имеющих в главной цепи 5 атомов углерода.

Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

5-4. Напишите графические формулы:

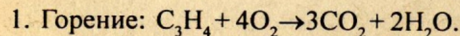
а) 4-метилпентин-1;
б) 5-метилгексин-2;
в) 2,2,5-триметилгексин-3;
г) 2,6-диметилгептин-3;
д) 2,5-диметил-5-этилгептин-3;
е) 3-изопропил-4-третбутилгептин-1.

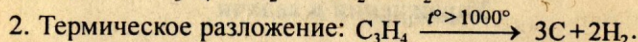
5-5. Назовите следующие вещества по международной номенклатуре:

а) $(CH_3)_3C-C\equiv C-CH_2-CH(CH_3)_2$;
б) $CH_3-CH_2-CH_2-C\equiv C-CH(CH_3)_2$;
в) $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH(CH_3)-C\equiv CH$;
г) $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-C(C_2H_5)(C\equiv CH)-CH_2-CH_2-CH_3$.

5-6. Напишите уравнения реакций, характеризующих свойства пропина.

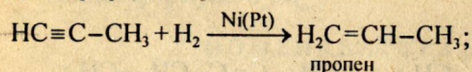
Решение:

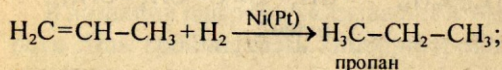




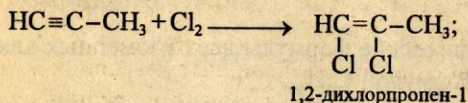
3. Для алкинов характерны реакции присоединения, которые идут в 2 стадии:

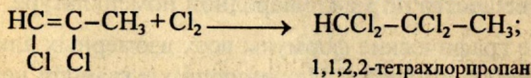
а) гидрирование



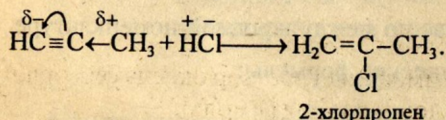


б) галогенирование

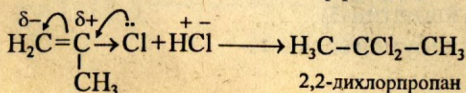




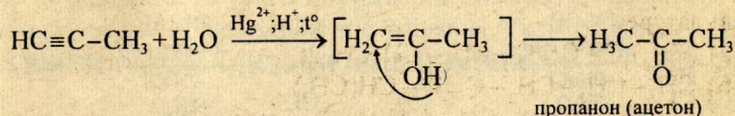
в) гидрогалогенирование



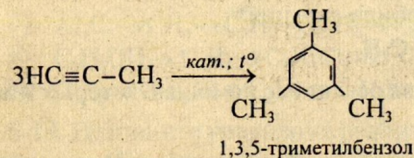
На второй стадии присоединения эффект сопряжения неподеленной электронной пары атома хлора с двойной связью преобладает над индуктивным эффектом атома хлора.



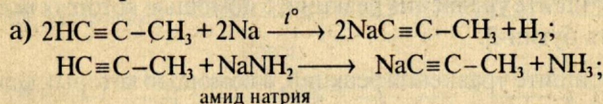
г) гидратация

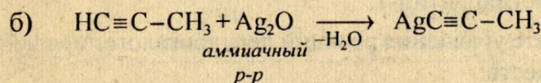


4. Реакция тримеризации:



5. Ацетиленовые углеводороды с концевой тройной связью способны к реакциям замещения водорода на металл.





Ag_2O *в аммиачном р-ре* –комлекс $[Ag(NH_3)_2]OH$.

5-7. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства бутина-1. Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций.

5-8. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства пентина-2. Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций.

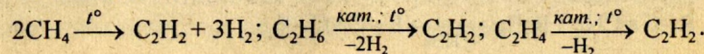
5-9. Напишите уравнения реакций между следующими веществами. Укажите условия реакций и названия продуктов:

а) бутин-2 и вода;
б) 3-метилбутин-1 и бром (1 моль);
в) 3-метилбутин-1 и аммиачный раствор оксида серебра;
г) 3-метилбутин-1 и хлороводород (1 моль).

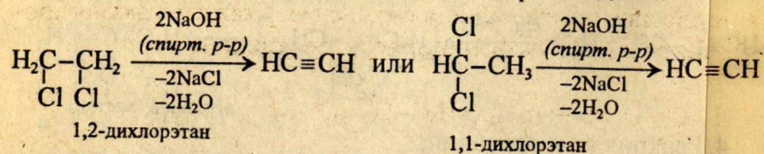
5-10. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить этин.

Решение:

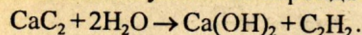
1. Дегидрирование алканов и алкенов:



2. Дегидрогалогенирование дигалогенпроизводных:



3. Этин получают из карбида кальция*



5-11. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить пропин.

5-12. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить бутин-1.

5-13. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить бутин-2.

5-14. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить 3-метилпентин-1.

5-15. Напишите уравнения реакций дегидрогалогенирования следующих веществ:

а) 1,2-дибром-4-метилпентана;

б) 5-метил-2,2-дихлоргексана;

в) 2,4-диметил-3,3-дихлорпентана.

Назовите продукты реакций.

5-16. Напишите уравнения реакций получения из алкенов следующих веществ:

а) 3-метилбутина-1;

б) 4-метилпентина-2.

Назовите исходные вещества.

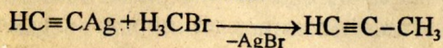
5-17. Напишите уравнения реакций получения из дибромалканов следующих веществ:

а) гептина-3; б) 2-метилгексина-3; в) 2,2-диметилгексина-3.

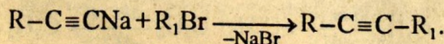
Назовите исходные вещества.

---

*Алкины с длиной цепи более двух атомов углерода можно получить алкилированием ацетиленидов металлов:



или



5-18. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов реакций.

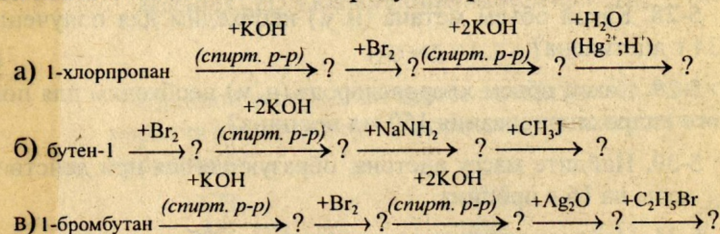
а) $Ca \rightarrow CaC_2 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow H_3C{-}C(=O)H$;

б) $Al_4C_3 \rightarrow CH_4 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow C_2H_4 \rightarrow C_2H_6$;

в) $C_2H_5OH \rightarrow C_2H_4 \rightarrow C_2H_4Cl_2 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow CO_2$;

г) $C_2H_6 \rightarrow C_2H_5Cl \rightarrow C_2H_4 \rightarrow C_2H_4Br_2 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow C_3H_4$.

5-19. Напишите уравнения реакций, соответствующих данной схеме. Укажите названия продуктов реакций.



5-20. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

а) ацетилен → винилацетилен → бутадиен-1,3 → 2,3-дибромбутан → бутин-2 → бутен-2 → бутан;

б) неорганические вещества → пропин;

в) метан → поливинилхлорид (не используя синтез Вюрца);

г) дивинил → ацетилен → дивинил;

д) изопрен → ацетилен.

5-21. 1 г алкина при нормальных условиях занимает объем 0,56 л. Выведите молекулярную формулу алкина.

5-22. Относительная плотность паров алкина по кислороду равна 2,125. Выведите молекулярную формулу алкина.

5-23. Относительная плотность паров углеводорода по кислороду равна 3. Массовая доля водорода в нем равна 12,5%. Выведите молекулярную формулу углеводорода.

5-24. Относительная плотность паров углеводорода по водороду равна 55. Массовая доля углерода в нем равна 87,27%. Выведите молекулярную формулу углеводорода.

5-25. 13,5 г органического вещества при нормальных условиях занимают объем 5,6 л. При сжигании 10,8 г этого вещества образуется 17,92 л углекислого газа (н. у.) и 10, 8 г воды. Выведите молекулярную формулу органического вещества.

5-26. Плотность паров органического соединения по гелию равна 20,5. При сжигании 4,1 г этого вещества образуется 13,2 г диоксида углерода и 4,5 г воды. Выведите молекулярную формулу органического вещества.

5-27. Найдите массу продукта реакции, полученного при действии избытка воды на 10,4 г ацетилена.

5-28. Какой объем метана (н. у.) необходим для получения 234 г ацетилена?

5-29. Какой объем хлороводорода (н. у.) необходим для полного гидрохлорирования 150 мл пропина?

5-30. Найдите массу ацетона, образующегося при действии 8 г воды на 16 г пропина.

5-31. Найдите массу диоксида углерода, образующегося при сжигании 17,4 г ацетилена в 33,6 л кислорода (н. у.).

5-32. Найдите массу 2,2-дибромпропана, образующегося при действии избытка бромоводорода на 200 г пропина, массовая доля примесей в котором равна 20%.

5-33. При действии избытка воды на 32 г технического карбида кальция образовалось 8,96 л ацетилена (н. у.). Найдите массовую долю примесей в техническом карбиде кальция.

5-34. Найдите объем метана, необходимый для получения 30 л ацетилена, если доля выхода продуктов реакции составляет 60% от теоретически возможного.

5-35. Какую массу уксусного альдегида можно получить из 3,36 л ацетилена (н. у.), если доля выхода продуктов реакции составляет 85% от теоретически возможного.

5-36. При действии избытка воды на 512 г карбида кальция образовался ацетилен объемом 134,4 л. Найдите долю выхода продукта реакции.

5-37. Найдите массу этана, необходимую для получения 250 г поливинилхлорида.

5-38. Какой объем кислорода (н. у.) необходим для сжигания ацетилена, полученного из 1 $м^3$ метана?

5-39. Углекислый газ, полученный при сгорании 6,8 г углеводорода пропустили через избыток раствора гидроксида кальция и получили 50 г осадка. Выведите простейшую формулу углеводорода.

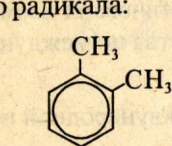
§ 6. Бензол и его гомологи

Арены — углеводороды, в молекулах которых содержится бензольное ядро.

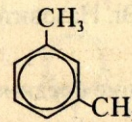
Бензол C_6H_6. Общая формула аренов C_nH_{2n-6}, где $n \geq 6$.

НОМЕНКЛАТУРА

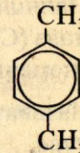
Главной углеродной цепью считается бензольное ядро. Нумерация атомов углерода определяется положением простейшего радикала:



1,2-диметилбензол
о-диметилбензол
(орто-)



1,3-диметилбензол
м-диметилбензол
(мета-)

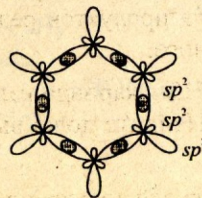


1,4-диметилбензол
п-диметилбензол
(пара-)

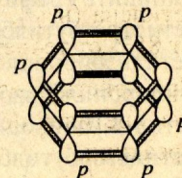
Изомерия: 1) состав и строение радикалов;
2) взаимное расположение заместителей.

СТРОЕНИЕ

Атомы углерода, образующие молекулу бензола, находятся в состоянии sp^2-гибридизации. Гибридные облака располагаются в одной плоскости, под углом 120° и образуют σ-связи (рис. 5*а*).



а σ-связи



б π-система

Рис. 5

Не участвующие в гибридизации *p*-электроны располагаются в пространстве перпендикулярно плоскости σ-связей и образуют единую шестиэлектронную π-систему (π-облако) (см. рис. 5*б*).

Все связи в молекуле бензола равноценны. Свойства аренов определяются их строением. Для бензола и его гомологов наиболее характерны реакции *замещения*, протекающие по ионному механизму. Реакции *присоединения* идут труднее, чем у алкенов.

Упражнения и задачи

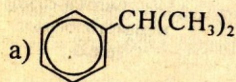
6-1. Напишите графические формулы всех гомологов бензола с молекулярной формулой

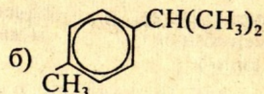
а) C_8H_{10}; б) C_9H_{12}.

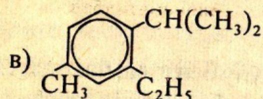
Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

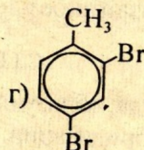
6-2. Напишите графические формулы ароматических изомеров состава $(C_2H_5)_2C_6H_3Br$. Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

6-3. Назовите следующие соединения по международной номенклатуре.

а) 

б) 

в) 

г) 

6-4. Напишите графические формулы:

а) п-метилтретбутилбензол;
б) о-метилизопропилбензол;
в) о-этилпропилбензол;
г) 1-метил-3-изопропилбензол;
д) п-метилвторбутилбензол;
е) изобутилбензол.

6-5. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства этилбензола. Укажите условия реакций и названия продуктов.

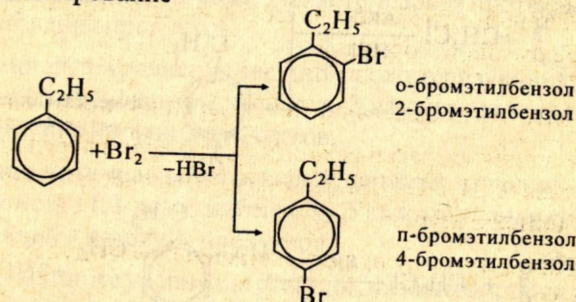
Решение:

1. Горение: $C_6H_5C_2H_5 + 10½O_2 \longrightarrow 8CO_2 + 5H_2O$.

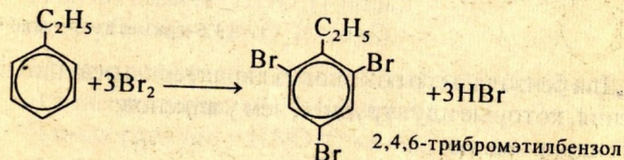
2. Термическое разложение: $C_6H_5C_2H_5 \xrightarrow{t°} 8C + 5H_2$.

3. Для гомологов бензола характерны реакции замещения, причем под действием радикала C_2H_5 атомы водорода бензольного кольца в положении 2,4,6 становятся более реакционноспособными:

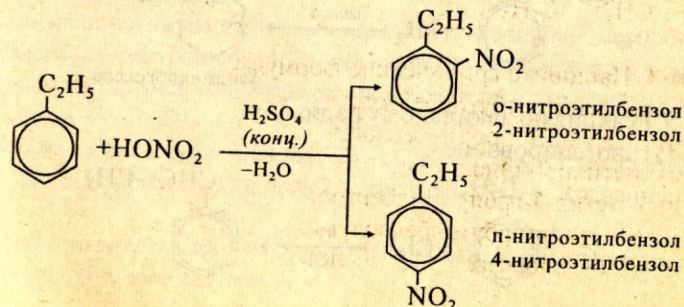
а) галогенирование



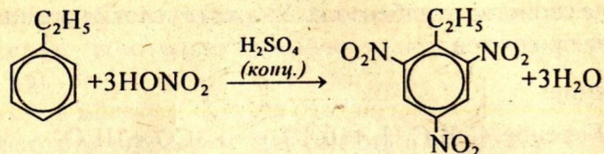
При избытке брома:



б) нитрование

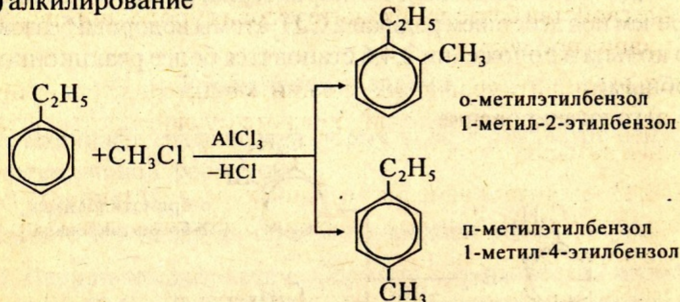


При избытке азотной кислоты:



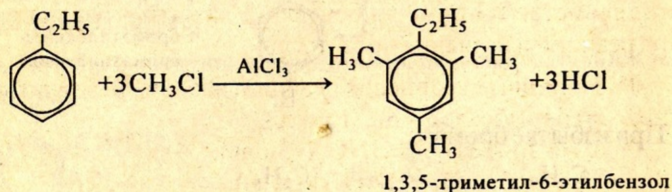
2,4,6-тринитроэтилбензол

в) алкилирование



о-метилэтилбензол 1-метил-2-этилбензол

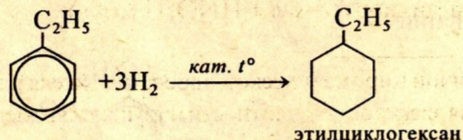
п-метилэтилбензол 1-метил-4-этилбензол



1,3,5-триметил-6-этилбензол

4. Для бензола и его гомологов характерны реакции присоединения, которые идут труднее, чем у алкенов:

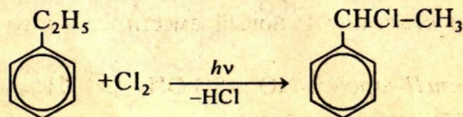
а) гидрирование



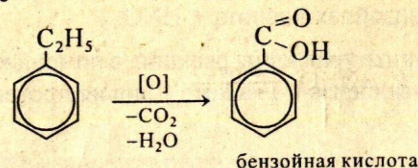
этилциклогексан

5. Реакция по алкильному радикалу:

1) галогенирование



2) окисление



бензойная кислота

6-6. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства бензола. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

6-7. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства метилбензола. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

6-8. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства 1,2-диметилбензола. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

6-9. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства 1,3-диметилбензола. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

6-10*. Напишите уравнения реакций, назовите продукты реакции:
а) бромбензол + Br_2 (1 моль);
б) нитробензол + HNO_3 (1 моль);
в) хлорбензол + HNO_3 (1 моль).

6-11. Напишите уравнения реакций, назовите продукты реакций:
а) п-нитротолуол + HNO_3 (1 моль);
б) м-хлортолуол + HNO_3 (1 моль);
в) м-дихлортолуол + HNO_3 (1 моль);

---

* При наличии в ароматическом ядре заместителя равномерность распределения электронной плотности нарушается. Следующий заместитель ориентируется в определенное положение по отношению к уже имеющимся.

Заместители I-го рода: алкилы (CH_3–; C_2H_5–; C_3H_7– и т. д.), галогены; –OH, –NH_2 ориентируют новый заместитель в орто- и пара-положение.

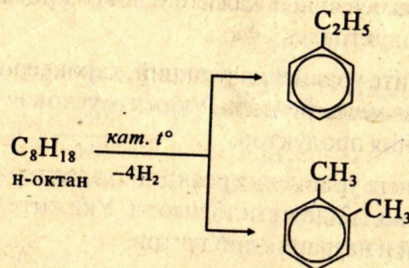
Заместители II-го рода: –NO_2; –SO_2OH; –COOH ориентируют новый заместитель в мета-положение.

г) хлорбензол + хлорэтан (1 моль);
д) бензойная кислота + HNO_3 .

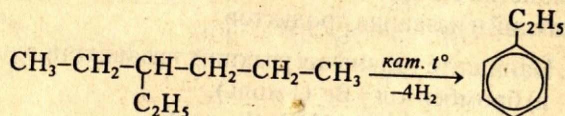
6-12. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить этилбензол. Укажите условия протекания реакций.

Решение:

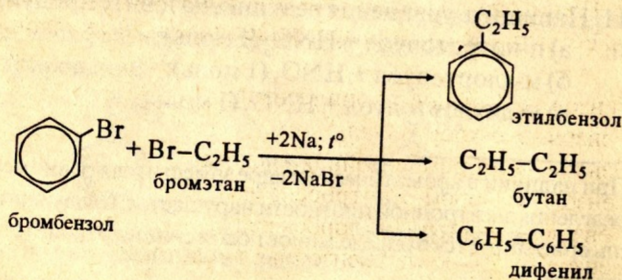
1. Ароматизация алканов:
а) октана



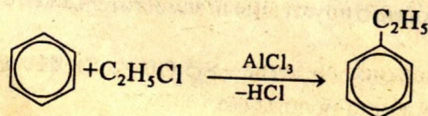
б) 3-этилгексана



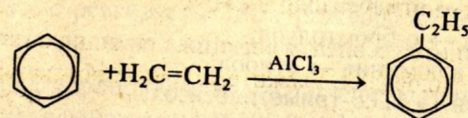
2. Реакция Вюрца-Фиттига



3. Алкилирование бензола (реакция Фриделя-Крафтса)



4. Взаимодействие бензола с алкенами.

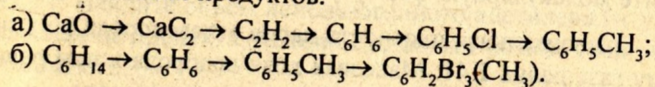


6-13. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить бензол. Укажите условия протекания реакций.

6-14. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить 1,2-диметилбензол.

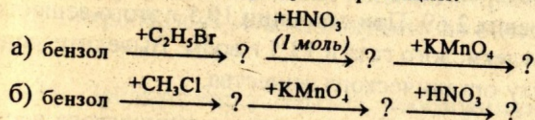
6-15. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить 1,3-диметилбензол.

6-16. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия реакций и названия продуктов.



а) $CaO \rightarrow CaC_2 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow C_6H_6 \rightarrow C_6H_5Cl \rightarrow C_6H_5CH_3$;
б) $C_6H_{14} \rightarrow C_6H_6 \rightarrow C_6H_5CH_3 \rightarrow C_6H_2Br_3(CH_3)$.

6-17. Напишите уравнения реакций, соответствующих данной схеме. Назовите продукты реакций:



6-18. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия реакций.

а) бензол → 1-этил-4-пропилбензол;
б) бензол → о-хлортолуол;
в) бензол → п-бромбензойная кислота;
г) бензол → 1-бром-3-нитробензол;
д) бензол → 1-нитро-2-хлорбензол;
е) бензол → 2,4-дихлорбензойная кислота.

6-19. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия реакций:

а) неорганические вещества → 2,4,6-тринитротолуол;
б) метилциклопропан → гексахлоран;

в) изобутан → толуол;
г) бутен-2 → этилбензол;
д) углерод → о-бромтолуол;
е) карбид алюминия → стирол;
ж) изопрен → 1,3,5-триметилбензол;
з) 3-метилбутин-1 → бензойная кислота.

6-20. Относительная плотность по водороду паров ароматического углеводорода ряда бензола равна 46. Выведите молекулярную формулу углеводорода.

6-21. Гомолог бензола имеет относительную плотность паров по воздуху 4,62. Выведите его молекулярную формулу.

6-22. Относительная плотность паров углеводорода по кислороду равна 3,75. Массовая доля углерода в нем равна 90%. Выведите молекулярную формулу углеводорода.

6-23. Относительная плотность паров углеводорода по углекислому газу равна 2,41. Массовая доля водорода в нем равна 9,43%. Выведите молекулярную формулу углеводорода.

6-24. Относительная плотность паров органического вещества по воздуху равна 2,69. При сгорании 19,5 г этого вещества образуется 66 г углекислого газа и 13,5 г воды. Выведите молекулярную формулу органического вещества.

6-25. Относительная плотность паров органического вещества по водороду равна 53. При сгорании 2,65 г этого вещества образуется 4,48 л углекислого газа (н. у.) и 2,25 г воды. Выведите молекулярную формулу органического вещества.

6-26. Найдите массу нитробензола, полученного при действии избытка азотной кислоты на 234 г бензола.

6-27. Какой объем водорода (н. у.) необходим для гидрирования 55,2 г толуола?

6-28. Найдите массу 2,4,6-трибромтолуола, полученного при действии 180 г брома на 27,6 г толуола.

6-29. Найдите массу циклогексана, полученного при гидрировании 46,8 г бензола водородом, занимающим при нормальных условиях объем 44,8 л.

6-30. При получении 2,4,6-тринитротолуола толуол массой 230 г полностью реагирует с 750 г раствора азотной кислоты. Найдите массовую долю азотной кислоты в этом растворе.

6-31. При дегидроциклизации технического генксана массой 126,74 г получен бензол массой 109,2 г. Найдите массовую долю примесей в техническом гексане.

6-32. При нитровании 15,6 г бензола получен нитробензол массой 22,14 г. Найдите долю выхода продуктов реакции.

6-33. На 390 г бензола подействовали при нагревании и ультрафиолетовом облучении избытком хлора. Найдите массу образующегося продукта, если доля его выхода составляет 80% от теоретически возможного.

6-34. При тримеризации ацетилена получен бензол массой 187,2 г. Найдите объем использованного ацетилена (н. у.), если доля выхода продукта реакции составляет 60% от теоретически возможного.

6-35. Карбид кальция массой 25,6 г обработали избытком воды и полученный ацетилен подвергли тримеризации. Какую массу нитробензола можно получить из образовавшегося бензола?

6-36. Найдите массу гептана, необходимую для получения 68,1 г 2,4,6-тринитротолуола.

6-37. 195 г бензола, содержащего 20% примесей, обработали раствором азотной кислоты массой 200 г с массовой долей кислоты 70% и получили 196,8 г нитробензола. Найдите долю выхода нитробензола.

6-38. Карбид кальция массой 80 г, содержащий 20% примесей, обработали избытком воды и полученный ацетилен гидратировали. Масса образовавшегося альдегида равна 11 г. Доли выхода продуктов в обеих реакциях одинаковы. Найдите доли выхода продуктов реакций.

6-39. Какую массу бензола можно получить трехстадийным синтезом из 112 л метана (н. у.), если доли выхода продуктов синтеза составляют соответственно 70%, 80% и 90% от теоретически возможного?

§ 7. Обобщение сведений об углеводородах

7-1. Какие из перечисленных ниже веществ являются гомологами?

Пропан; бутен-1; этин; 2-метилбутан; пентин-2; диметилпропан; 2-метилнонан; гексен-3; н-гептан; пентин-1; октен-1; 2,2-диметилгексан.

7-2. Какие из перечисленных ниже веществ являются изомерами?

2,2,3-триметилпентан; метилциклобутан; н-октан; пентин-3; тетраметилбутан; 2-метилбутен-2; 2-метилбутадиен-1,3; 1,2-диметилциклопропан; 3-метилбутин-1; 2-метил-3-этилпентан; пентен-2; циклопентен.

7-3. Молекулярная формула изомерных углеводородов А, Б и В – C_5H_{12}. Углеводород А образует единственное монохлорпроизводное, углеводород Б — три монохлорпроизводных, а углеводород В — четыре монохлорпроизводных. Назовите эти углеводороды. Напишите уравнения реакций образования их монохлоридов.

7-4. Молекулярная формула изомерных углеводородов А, Б и В – C_6H_{14}. Углеводород А образует два монохлорпроизводных, углеводород Б — три монохлорпроизводных, а углеводород В — четыре монохлорпроизводных. Назовите эти углеводороды. Напишите уравнения реакций образования их монохлоридов.

7-5. Молекулярная формула изомерных циклоалканов А и Б – C_4H_8. При гидрировании вещества А образуется один продукт, а при гидрировании вещества Б — два продукта. Назовите эти вещества, напишите уравнения реакций их гидрирования.

7-6. Каждый из изомерных циклоалканов А, Б и В состава C_6H_{12} при гидрировании образует единственный продукт. Назовите эти вещества, напишите уравнения реакций их гидрирования.

7-7. Каждый из изомерных углеводородов А, Б и В состава C_6H_{12} при гидробромировании образует одно монобромпроизводное. Назовите эти углеводороды, напишите уравнения реакций их гидробромирования.

7-8. При гидратации алкина состава C_6H_{10} образуется единственный продукт. Назовите алкин, напишите уравнение реакции его гидратации.

7-9. Молекулярная формула изомерных ароматических углеводородов А, Б, В и Г – C_8H_{10}. При бромировании в присутствии катализатора вещество А образует одно монобромпроизводное, вещество Б — три монобромпроизводных, а вещества В и Г по два монобромпроизводных. Назовите эти углеводороды. Напишите уравнения реакций образования их монобромидов.

7-10. Ароматический углеводород состава C_9H_{12} образует при нитровании единственное мононитропроизводное. Назовите этот углеводород, напишите уравнение реакции его нитрования.

7-11. Определите вид изомерии н-бутана и изобутана. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями строения их молекул.

7-12. Определите вид изомерии н-пентана и диметилпропана. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями строения их молекул.

7-13. Определите вид изомерии циклопентана и метилциклобутана. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями строения их молекул.

7-14. Определите вид изомерии циклогексана и 1,2,3-триметилциклопропана. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями строения их молекул.

7-15. Определите вид изомерии бутена-1 и бутена-2. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями строения их молекул.

7-16. Определите вид изомерии пентина-1 и пентина-2. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями строения их молекул.

7-17. Определите вид изомерии бутадиена-1,2 и бутадиена-1,3. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями строения их молекул.

7-18. Определите вид изомерии циклопентана и пентена-2. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями строения их молекул.

7-19. Какие из перечисленных ниже веществ могут вступать в реакцию с водородом?

2,3-диметилпентан; 2-метилпентадиен-1,3; циклобутан; гексин-1; н-гептан; 1,3-диметилбензол; бутадиен-1,2; метилциклопропан; 3,3- диметилпентен-1.

Напишите уравнения возможных реакций.

7-20. Какие из перечисленных ниже веществ могут вступать в реакцию с бромной водой?

3-метилгексан; 2,3-диметилбутен-2; бензол; пропадиен; изобутан; метилциклопентан; циклогексен; пропин; пентен-2; бутадиин.

Напишите уравнения возможных реакций.

7-21. Какие из перечисленных ниже веществ могут вступать в реакцию с бромоводородом?

Н-гексан; циклопропан; 2-метил-бутадиен-1,3; пентен-2; 2,3,3-триметилпентан; циклобутен; этилциклопентан; 3-метилбутин-1; 1,2-диметилбензол.

Напишите уравнения возможных реакций.

7-22. Какие из перечисленных ниже веществ могут вступать в реакцию с водой?

Диметилпропан; циклопентан; пентадиен-1,4; 2,4-диметилпентен-2; пентин-1; 2-метил-3-этилгексан; циклогептен; 1,1-диметилциклогексан; этилбензол; гексадиен-1,3.

Напишите уравнения возможных реакций.

7-23. Какой продукт будет наиболее вероятен в следующих реакциях:

а) 2-метилбутен-2 + вода;
б) 3-хлорпропен + бромоводород;
в) 2-хлорпропен + хлороводород;
г) 1,1,4-трихлорпропен + бромоводород;
д) изопропилбензол + азотная кислота (1 моль);
е) нитробензол + азотная кислота (1 моль).

Мотивируйте свой ответ, рассмотрев взаимное влияние атомов в молекулах. Напишите уравнения соответствующих реакций.

Часть II. КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

§ 8. Предельные одноатомные спирты

Спирты — это органические вещества, содержащие одну или несколько гидроксогрупп, соединенных с углеводородным радикалом.

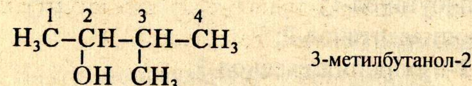
Предельные спирты содержат радикал алкана. Одноатомные спирты содержат одну гидроксильную группу в молекуле.

Общая формула $C_nH_{2n+1}OH$.

НОМЕНКЛАТУРА

Функциональная группа спиртов — OH. Нумерация атомов углерода в главной цепи определяется положением гидроксогруппы. Названия спиртов образуются от названий соответствующих алканов добавлением окончания *-ол*.

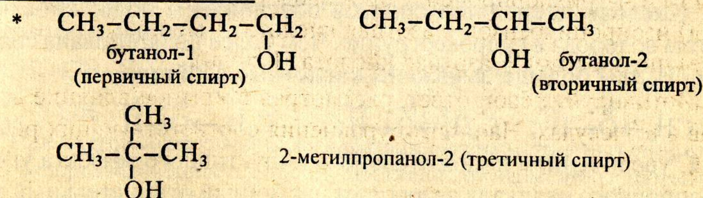
Например :



3-метилбутанол-2

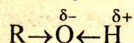
Изомерия 1) строения углеродного скелета;
2) положения гидроксильной группы;
3) межгрупповая (с простыми эфирами).

По типу атома углерода, связанного с гидроксогруппой, различают первичные, вторичные и третичные спирты.*

* 

СТРОЕНИЕ

В предельных одноатомных спиртах все связи — σ-связи.



Связь O←H сильнополярная, на атоме кислорода образуется частичный отрицательный, а на атоме водорода частичный положительный заряд. Вследствие этого атом водорода гидроксогруппы обладает большей реакционной способностью, чем атомы водорода в углеводородном радикале.

Для спиртов также характерны реакции с разрывом ковалентной полярной связи C→O.

Упражнения и задачи

8-1. Напишите графические формулы всех изомерных спиртов с молекулярной формулой $C_5H_{12}O$. Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

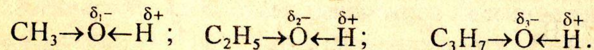
8-2. Напишите графические формулы всех изомерных спиртов с молекулярной формулой $C_6H_{14}O$ и длиной главной цепи — пять атомов углерода. Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

8-3. Напишите графические формулы следующих веществ:
а) 2-метил-3-этилгептанол-2;
б) 2,2,3-триметилбутанол-1;
в) 3-метил-4-пропилгептанол-2;
г) 2,2-диметил-3-изопропилгексанол-3;
д) 3-этил-4-третбутилоктанол-3;
е) 2,3,4,5-тетраметилгексанол-1.

8-4. Сравните кислотные свойства следующих спиртов: метанол, этанол, пропанол-1.

Решение:

Кислотные свойства спиртов обусловлены подвижностью атома водорода в гидроксогруппе. Чем более поляризована связь O←H, тем больше выражены кислотные свойства.



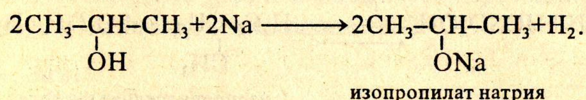
С увеличением положительного индуктивного эффекта углеводородного радикала возрастает частичный отрицательный заряд на атоме кислорода $\left[|\delta_1| < |\delta_2| < |\delta_3|\right]$, следовательно, поляризация связи O←H уменьшается от метанола к пропанолу и кислотные свойства спиртов в этом ряду ослабляются.

8-5. Сравните кислотные свойства следующих спиртов:
а) пропанол-1; пропанол-2;
б) пропанол-1; 2-хлорпропанол-1;
в) 2-хлорбутанол-1; 3-хлорбутанол-1; 4-хлорбутанол-1;
г) 2-фторбутанол-1; 2-хлорбутанол-1; 2-бромбутанол-1;
д) 4-хлорбутанол-1; 4,4-дихлорбутанол-1; 4,4,4-трихлорбутанол-1.

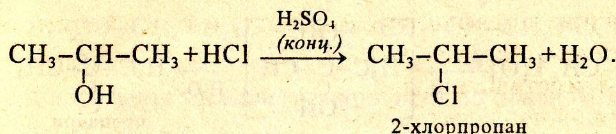
8-6. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства пропанола-2.

Решение:

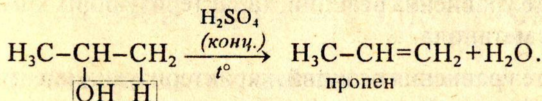
1. Горение: $C_3H_7OH + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$.
2. Взаимодействие со щелочным металлом:



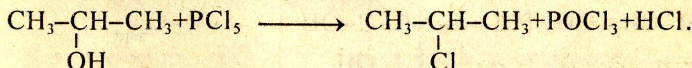
3.* Взаимодействие с галогеноводородами:



4.** Внутримолекулярная дегидратация:

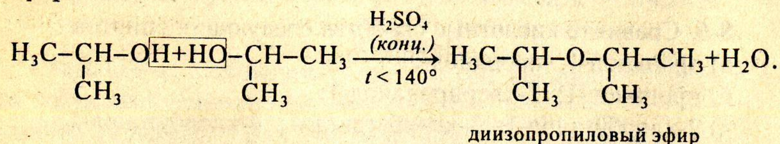


*Галогеноалканы образуются также при действии на спирт галогенпроизводных фосфора:



**При внутримолекулярной дегидратации несимметричных спиртов атом водорода отщепляется преимущественно от наименее гидрогенизированного атома углерода (правило А. М. Зайцева, см. с. 31).

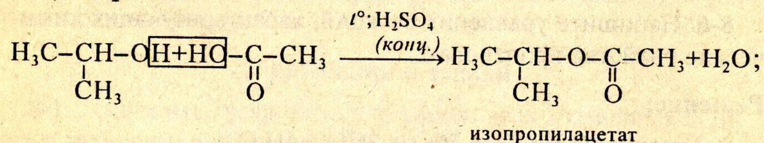
5. Межмолекулярная дегидратация — образование простого эфира:



диизопропиловый эфир

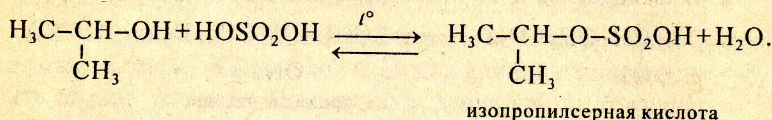
6. Взаимодействие с кислотами — образование сложных эфиров:

а) с карбоновыми кислотами



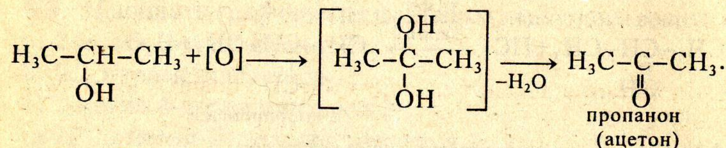
изопропилацетат

б) с неорганическими кислотами



изопропилсерная кислота

7* Окисление спиртов.

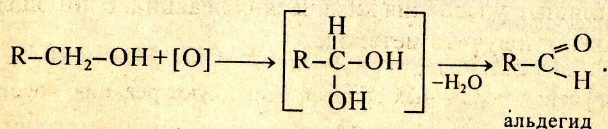


пропанон (ацетон)

8-7. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства метанола.

8-8. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства 2-метилбутанола-2.

*При окислении первичных спиртов образуются альдегиды:



альдегид

Третичные спирты при таких условиях не окисляются, а при окислении в более жестких условиях происходит расщепление молекулы и образуется смесь карбоновых кислот.

8-9. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства 2,3-диметилбутанола-1.

8-10. Напишите уравнения реакций межмолекулярной дегидратации слудующих смесей спиртов:

а) метанола и пропанола-1;
б) метанола и пропанола-2;
в) 2-метилбутанола-2 и пропанола-1;
г) 2,2-диметилпентанола-3 и этанола.

8-11. Напишите формулы спиртов при внутримолекулярной дегидратации которых образуются следующие алкены:

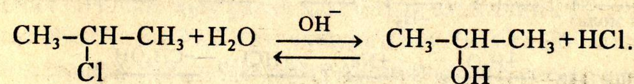
а) 2,3-диметилбутен-2;
б) 2,4-диметил-3-этилгексен-1;
в) 2-метил-3-этилпентен-2.

Назовите исходные спирты по международной номенклатуре.

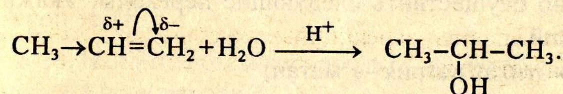
8-12. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно получить пропанол-2.

Решение:

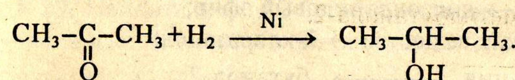
1. Гидролиз галогеналкилов



2. Гидратация алкенов (реакция идет по правилу В. В. Марковникова)



3.* Восстановление кетонов



8-13. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно получить метанол.

* Для получения первичных спиртов используют реакцию восстановления альдегидов: $R{-}CHO + H_2 \xrightarrow{Ni} R{-}CH_2{-}OH$.

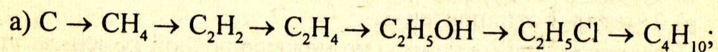
8-14. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно получить этанол.

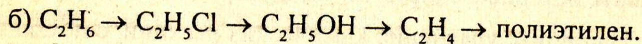
8-15. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно получить пропанол-1.

8-16. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно получить 2-метилбутанол-1.

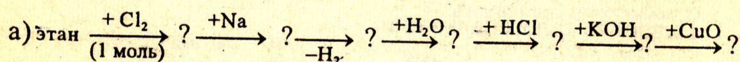
8-17. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно получить бутанол-2.

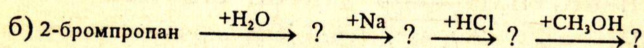
8-18. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия протекания реакций, названия продуктов.


а) $C \rightarrow CH_4 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow C_2H_4 \rightarrow C_2H_5OH \rightarrow C_2H_5Cl \rightarrow C_4H_{10}$;

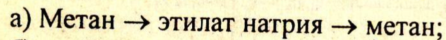

б) $C_2H_6 \rightarrow C_2H_5Cl \rightarrow C_2H_5OH \rightarrow C_2H_4 \rightarrow$ полиэтилен.

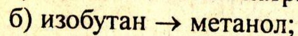
8-19. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

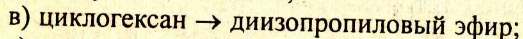

а) этан $\xrightarrow[\text{(1 моль)}]{+Cl_2}$? $\xrightarrow{+Na}$? $\xrightarrow[-H_2]{}$? $\xrightarrow{+H_2O}$? $\xrightarrow{+HCl}$? $\xrightarrow{+KOH}$? $\xrightarrow{+CuO}$?

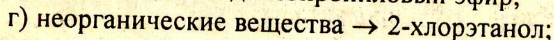

б) 2-бромпропан $\xrightarrow{+H_2O}$? $\xrightarrow{+Na}$? $\xrightarrow{+HCl}$? $\xrightarrow{+CH_3OH}$?

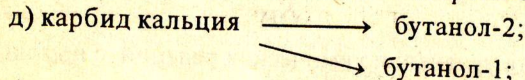
8-20. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие переходы. Укажите условия реакций.

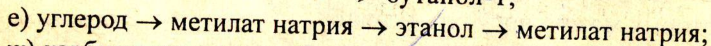

а) Метан → этилат натрия → метан;

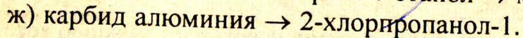

б) изобутан → метанол;


в) циклогексан → диизопропиловый эфир;


г) неорганические вещества → 2-хлорэтанол;


д) карбид кальция → бутанол-2;
→ бутанол-1;


е) углерод → метилат натрия → этанол → метилат натрия;


ж) карбид алюминия → 2-хлорпропанол-1.

8-21. Относительная плотность паров предельного одноатомного спирта по кислороду равна 2,75. Выведите молекулярную формулу спирта.

8-22. Предельный простой эфир массой 10 г при нормальных условиях занимает объем 4,87 л. Выведите молекулярную формулу эфира.

8-23. Относительная плотность паров органического соединения по воздуху равна 2,552. Массовая доля углерода в этом веществе равна 64,86%, массовая доля водорода равна 13,51%, массовая доля кислорода равна 21,63%. Выведите молекулярную формулу этого вещества.

8-24. Относительная плотность паров органического соединения по водороду равна 65. Массовая доля углерода в этом веществе равна 73,85%, массовая доля водорода равна 13,85%, массовая доля кислорода равна 12,3%. Выведите молекулярную формулу этого вещества.

8-25. Относительная плотность паров органического соединения по водороду равна 51. При сжигании 30,6 г этого вещества образовалось 79,2 г диоксида углерода и 37,8 г воды. Выведите молекулярную формулу органического соединения.

8-26. Относительная плотность паров органического соединения по кислороду равна 3,625. При сжигании 29 г этого вещества образуется 39,2 л углекислого газа (н. у.) и 36 г воды. Выведите молекулярную формулу органического соединения.

8-27. Какой объем диметилового эфира (н. у.) можно получить при межмолекулярной дегидратации метилового спирта массой 160 г?

8-28. Найдите объем кислорода (н. у.), необходимого для сжигания 4,4 г пентанола-2.

8-29. Найдите массу 2-бромпропана, необходимого для получения изопропилового спирта массой 21 г.

8-30. На 4,6 г натрия подействовали пропанолом-2 массой 9 г. Найдите объем выделившегося при этом газа (н. у.).

8-31. Найдите массу меди, полученной при действии 29,9 г этанола на 60 г оксида меди (II).

8-32. Какой объем водорода (н. у.) выделится при действии на избыток натрия 50 г водного раствора этанола с массовой долей спирта 92%?

3 Зак. № 846

8-33. При действии на избыток оксида меди (II) 120 г технического пропанола-1 образовалась медь массой 115,2 г. Найдите массовую долю примесей в техническом спирте.

8-34. Какая масса 92% раствора этилового спирта необходима для получения 1,12 л этилена (н. у.)?

8-35. Из 27,6 г этанола синтезом Лебедева получен дивинил массой 145,8 г. Найдите долю выхода продукта реакции.

8-36. Какую массу этилового спирта можно получить гидратацией 134,4 л этилена (н. у.), если доля выхода продукта реакции составляет 80% от теоретически возможного?

8-37. Найдите массу 2-бромбутана, необходимого для получения 88,8 г бутанола-2, если доля выхода продуктов реакции составляет 75% от теоретически возможного.

8-38. Какой объем водорода (н. у.) выделится при действии на избыток калия спиртом, полученным гидратацией 10 л этилена (н. у.)?

8-39. Пропен подвергли гидратации и из образовавшегося спирта получили простой эфир массой 61,2 г. Найдите объем использованного пропена (н. у.).

8-40. Смесь этана с этеном объемом 50 л (н. у.) гидратировали и получили 69 г этанола, доля выхода которого составляет 75% от теоретически возможного. Найдите объемную долю этана в исходной смеси.

8-41. Из 84 л бутана (н. у.) с объемной долей примесей 20% двухстадийным синтезом получен бутанол-2 массой 55,5 г. Доли выхода продуктов первой и второй стадий синтеза одинаковы. Найдите доли выхода продуктов.

§ 9. Предельные многоатомные спирты

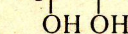
Предельные многоатомные спирты содержат несколько гидроксогрупп, связанных с углеводородным радикалом.

НОМЕНКЛАТУРА

Название спирта образуется от названия соответствующего углеводорода, цифрами указывается положение гидроксогрупп,

а перед окончанием *-ол* ставится частица, обозначающая число гидроксогрупп (ди-, три-, тетра- и т. д.).

Например:



этандиол (этиленгликоль)

$H_2C-CH-CH_2$ (OH OH OH) пропантриол (глицерин)

Изомерия: 1) строения углеводородного скелета;
2) взаимного расположения функциональных групп.

СТРОЕНИЕ

В многоатомных спиртах гидроксогруппы взаимно влияют друг на друга, при этом увеличивается подвижность атомов водорода в гидроксогруппах, т.е. усиливаются кислотные свойства.

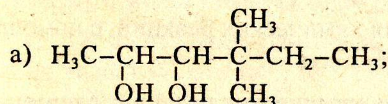
Упражнения и задачи

9-1*. Напишите графические формулы изомерных многоатомных спиртов с молекулярной формулой $C_4H_{10}O_2$. Назовите эти вещества.

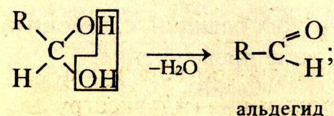
9-2. Напишите графические формулы изомерных многоатомных спиртов с молекулярной формулой $C_4H_{10}O_3$. Назовите эти вещества.

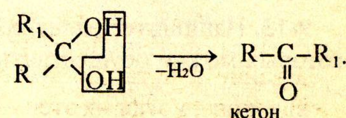
9-3. Напишите графические формулы изомерных многоатомных спиртов с молекулярной формулой $C_5H_{12}O_3$. Назовите эти вещества.

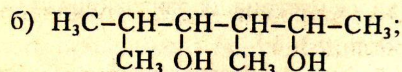
9-4. Назовите данные вещества по международной номенклатуре. Какие из данных веществ являются изомерами?

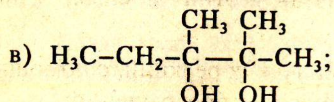


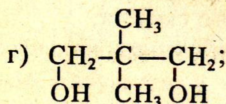
* Молекулы спиртов, содержащих две гидроксогруппы у одного атома углерода, очень неустойчивы и разлагаются с образованием альдегидов или кетонов:

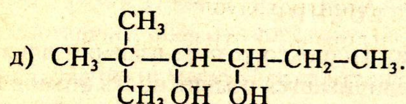












9-5. Напишите графические формулы следующих веществ:

а) 2,3-диметилгексантриол-1,3,5;
б) 3,3-диметилпентандиол-1,5;
в) 2-метил-3-этилгександиол-2,3;
г) 2,2,6,6-тетраметил-4-третбутил гептантриол-3,4,5.

9-6. Сравните кислотные свойства следующих спиртов: этанол и этандиол (этиленгликоль).

9-7. Сравните кислотные свойства следующих спиртов: бутандиол-1,2; бутандиол-1,3; бутандиол-1,4.

9-8. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства этандиола.

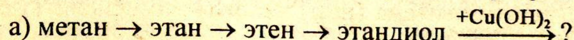
9-9. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства пропантриола.

9-10. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно получить этандиол.

9-11. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно получить глицерин.

9-12. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно получить бутандиол-2,3.

9-13. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



а) метан → этан → этен → этандиол $\xrightarrow{+Cu(OH)_2}$?

б) пропан → пропен → 3-хлорпропен → 1,2,3-трихлорпропан → глицерин → тринитроглицерин;
в) этиленгликоль → 1,2-дибромэтан → этин → бензол → нитробензол.

9-14. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

а) метан → глицерин;
б) метан → глицерин(не используя синтез Вюрца);
в) этиленгликоль → глицерин;
г) этиленгликоль → 2,4,6-тринитротолуол;
д) этилат натрия → этиленгликоль → этилат натрия.

9-15. Относительная плотность паров предельного двухатомного спирта по диоксиду углерода равна 2,045.

Выведите молекулярную формулу спирта.

9-16. Относительная плотность паров предельного трехатомного спирта по воздуху равна 4,62.

Выведите молекулярную формулу спирта.

9-17. Относительная плотность паров органического вещества по водороду равна 53. Массовая доля углерода в этом веществе равна 45,28%, массовая доля водорода равна 9,44%, массовая доля кислорода равна 45,28%.

Выведите молекулярную формулу органического вещества.

9-18. Относительная плотность паров органического вещества по азоту равна 6,5. Массовая доля углерода в этом веществе равна 39,56%, массовая доля водорода равна 7,69%, массовая доля кислорода равна 52,75%.

Выведите молекулярную формулу органического вещества.

9-19. Относительная плотность паров органического вещества по водороду равна 45. При сжигании 5,4 г этого вещества образовалось 5,376 л углекислого газа (н. у.) и 5,4 г воды.

Выведите молекулярную формулу органического вещества.

9-20. Относительная плотность паров органического вещества по воздуху равна 4,69. При сжигании 95,2 г этого вещества образовалось 154 г диоксида углерода и 75,6 г воды.

Выведите молекулярную формулу органического вещества.

9-21. Какой объем этилена (н. у.) необходимо окислить для получения 310 г этиленгликоля?

9-22. Найдите массу натрия, взаимодействующего с 2,48 г этандиола с образованием средней соли.

9-23. Найдите массу глицерина, необходимую для получения 567,5 г тринитроглицерина.

9-24. Найдите массу спирта, образующегося при действии 21,6 г воды на 27,2 г пентадиена-1,4.

9-25. Какой объем водорода (н. у.) выделится при действии 12,4 г этандиола на образец натрия массой 13,8 г?

9-26. Найдите максимальную массу натрия, который реагирует с 40 г водного раствора этиленгликоля, если массовая доля спирта в этом растворе составляет 77,5%.

9-27. Найдите массу 90% раствора азотной кислоты, необходимой для получения тринитроглицерина из 46 г глицерина.

9-28. При нитровании 110,4 г глицерина получен тринитроглицерин массой 204,3 г.

Найдите долю выхода продукта реакции.

9-29. Какой объем этилена (н.у.) необходимо окислить для получения 303,8 г этиленгликоля, если доля выхода продукта реакции составляет 70% от теоретически возможного?

9-30. Найдите массу глицерина, который можно получить из 112,4 г 1,2,3-трибромпропана, если доля выхода продуктов реакции составляет 60% от теоретически возможного.

9-31. Найдите массу этиленгликоля, который можно получить из 56 л этана (н. у.).

9-32. При пропускании продуктов сгорания глицерина через избыток раствора гидроксида кальция выпал осадок массой 30 г.

Найдите массу сгоревшего глицерина.

9-33. Какую массу тринитроглицерина можно получить при действии 260 г 80% раствора азотной кислоты на 36,8 г глицерина, если доля выхода продуктов реакции составляет 75% от теоретически возможного?

9-34. Этан, полученный синтезом Вюрца из метана, дегидрировали до этилена. Образовавшийся этилен окислили и получили 193,75 г этиленгликоля, содержащего 20% примесей.

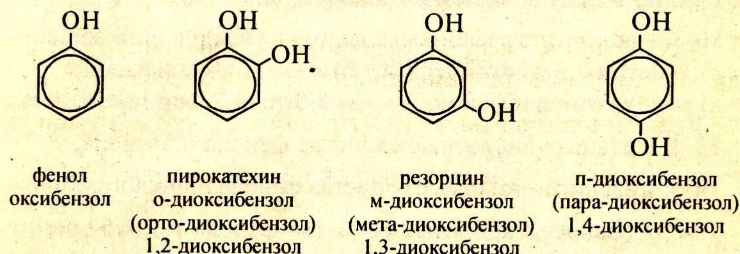
Найдите объем исходного метана (н.у.), если доли выхода продуктов во всех описанных реакциях составляют 90% от теоретически возможных.

§ 10. Фенолы

Фенолы — органические вещества, в молекулах которых гидроксогруппы непосредственно связаны с бензольным ядром.

По количеству гидроксогрупп различают одноатомные, двухатомные, трехатомные фенолы.

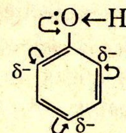
НОМЕНКЛАТУРА



СТРОЕНИЕ

Под действием π-электронного облака неподеленная электронная пара кислорода смещается в сторону бензольного ядра (эффект сопряжения). Вследствие этого увеличивается поляризация связи O←H и возрастает подвижность атомов водорода в гидроксогруппе.

Влияние гидроксогруппы на бензольное ядро сказывается в увеличении подвижности атомов водорода в положении 2,4,6 (т. е. в орто- и пара-). Таким образом гидроксогруппа является ориентантом первого рода.



Свойства фенола обусловлены его строением и взаимным влиянием гидроксогруппы и бензольного ядра.

Фенол обладает более ярко выраженными кислотными свойствами, чем предельные одноатомные спирты. В бензольном ядре в положении 2,4,6 атомы водорода достаточно легко замещаются.

Упражнения и задачи

10-1. Напишите графические формулы всех изомерных фенолов с молекулярной формулой $C_6H_3(OH)_3$. Назовите вещества по международной номенклатуре.

10-2. Напишите графические формулы всех изомерных фенолов с молекулярной формулой $C_6H_3(CH_3)(OH)_2$. Назовите вещества по международной номенклатуре.

10-3. Напишите графические формулы следующих веществ:
а) 2-метил-1,3-диоксибензол; б) м-этил-п-оксифенол;
в) о-метил-п-хлорфенол; г) 5-этил-1,2,4-триоксибензол.

10-4. Сравните кислотные свойства фенола и этанола.

10-5. Сравните кислотные свойства фенола и циклогексанола.

10-6. Сравните кислотные свойства фенола и 2,4,6-тринитрофенола.

10-7. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия реакций.
а) Карбид кальция → этин → бензол → бромбензол → фенол;
б) циклогексан → бензол → изопропилбензол → фенол;
в) неорганические вещества → фенол → фенолят натрия;
г) этилат натрия → фенолят натрия;
д) этиленгликоль → пикриновая кислота;
е) дивинил → дифениловый эфир;
ж) карбид алюминия → п-окситолуол.

10-8. Относительная плотность паров органического соединения по кислороду равна 3,375. Массовая доля углерода в этом веществе равна 77,78%, массовая доля водорода равна 7,41%, массовая доля кислорода равна 14,81%. Выведите молекулярную формулу органического соединения.

10-9. Относительная плотность паров органического соединения по водороду равна 55. Массовая доля углерода в этом веществе равна 65,45%, массовая доля водорода равна 5,45%, массовая доля кислорода равна 29,1%.
Выведите молекулярную формулу органического соединения.

10-10. Относительная плотность паров органического соединения по кислороду равна 4,25. При сжигании 13,6 г этого вещества образуется 39,6 г диоксида углерода и 10,8 г воды.
Выведите молекулярную формулу органического соединения.

10-11. Относительная плотность паров органического соединения по водороду равна 62. При сжигании 24,8 г этого вещества образуется 31,36 л углекислого газа (н. у.) и 14,4 г воды.
Выведите молекулярную формулу органического соединения.

10-12. При действии фенола на избыток натрия выделилось 6,72 л водорода (н. у.).
Найдите массу прореагировавшего фенола.

10-13. Найдите массу бромбензола, необходимого для получения 23,5 г фенола.

10-14. Какую массу 2,4,6-тринитрофенола можно получить при нитровании 37,6 г фенола?

10-15. Найдите массу фенолята натрия, образующегося при действии 13,5 г гидроксида натрия на 28,2 г фенола.

10-16. Найдите массу фенола, полученного при действии 8,2 г гидроксида натрия на 23,55 г бромбензола.

10-17. На смесь бензола с фенолом массой 20 г подействовали избытком натрия. Найдите объем выделившегося газа (н.у.), если массовая доля бензола в смеси составляет 6%.

10-18. Какая масса 10% раствора гидроксида натрия может вступить в реакцию с 42,3 г фенола?

10-19. Для получения 2,4,6-тринитрофенола из 470 г фенола потребовалось 1050 г раствора азотной кислоты.
Найдите массовую долю азотной кислоты в этом растворе.

10-20. При действии избытка щелочи на 62,8 г бромбензола получили 30,08 г фенола.
Найдите долю выхода продукта реакции.

10-21. Какая масса фенола потребуется для получения 41,22 г 2,4,6-тринитрофенола, если доля выхода продукта составляет 90% от теоретически возможного?

10-22. Какую массу фенолята натрия можно получить из 28,2 г фенола, если доля выхода продукта реакции составляет 70% от теоретически возможного?

10-23. При взаимодействии некоторого количества фенола с избытком натрия выделился водород объемом 15,68 л (н. у.). Найдите массу бензола, необходимую для получения этого количества фенола.

10-24. При действии на избыток натрия некоторого количества фенола выделилось столько же водорода, сколько при действии на избыток натрия глицерином массой 55,2 г. Найдите массу использованного фенола.

10-25. Найдите массу 10% раствора гидроксида натрия, необходимого для нейтрализации фенола, полученного из 300 г бензола, содержащего 22% примесей.

§ 11. Альдегиды и кетоны

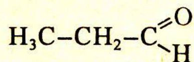
Альдегиды и кетоны – это карбонильные соединения. Они содержат группу атомов $>C=O$, которая называется карбонильной группой (или оксогруппой).

В молекулах альдегидов карбонильная группа соединена с углеводородным радикалом и атомом водорода $R-C{\overset{O}{\underset{H}{\leqslant}}}$.

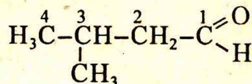
В молекулах кетонов карбонильная группа соединена с двумя углеводородными радикалами $R-\underset{\underset{O}{\parallel}}{C}-R_1$.

НОМЕНКЛАТУРА (см. §1)

Название альдегида образуется от названия соответствующего углеводорода с добавлением окончания *-аль*.



пропаналь

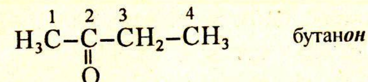


3-метилбутаналь

Нумерация атомов углерода начинается от функциональной группы.

Изомерия альдегидов связана со строением углеродного скелета.

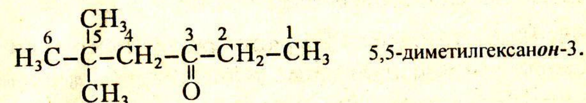
Название кетона образуется от названия соответствующего углеводорода. Цифрой указывается положение карбонильной группы и добавляется окончание *-он*.



бутан*он*

Нумерация атомов углерода начинается с того конца, к которому ближе расположена карбонильная группа.

Например:

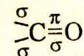


5,5-диметилгексан*он*-3.

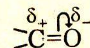
Изомерия кетонов связана со строением углеродной цепи и положением карбонильной группы.

СТРОЕНИЕ

Атом углерода карбонильной группы находится в состоянии sp^2 гибридизации и образует три σ-связи и одну π-связь.



Из-за большей электроотрицательности атома кислорода электронная плотность (главным образом π-связи) оказывается смещенной от атома углерода к атому кислорода.



Свойства альдегидов и кетонов обусловлены их строением. Благодаря наличию двойной связи для них характерны реакции присоединения. В альдегидах карбонильная группа оказывает влияние на связанный с ней атом водорода, в результате чего альдегиды легко окисляются.

Упражнения и задачи

11-1. Напишите графические формулы всех изомерных карбонильных соединений с молекулярной формулой C_4H_8O. Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

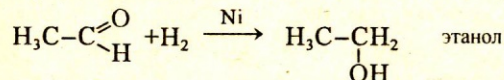
11-2. Напишите графические формулы всех изомерных карбонильных соединений с молекулярной формулой $C_5H_{10}O$. Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

11-3. Напишите графические формулы следующих веществ:
а) 2,2-диметилгексанон-3;
б) 2,3,4-триметилпентаналь;
в) 3-метил-4-этилгептаналь;
г) 4-третбутилгептанон-3;
д) 4-изобутилоктаналь;
е) 2,3,4-триметил-3-изопропилгексаналь;
ж) 2,4,5-триметил-4-этилгексанон-3.

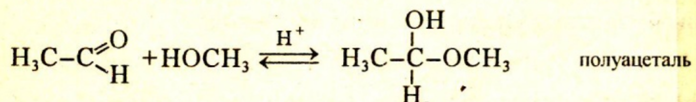
11-4. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства этаналя. Укажите условия протекания реакций.

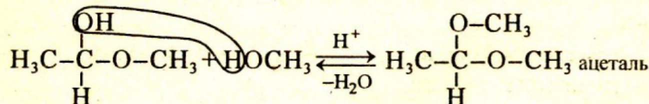
Решение:

1. Горение: $2C_2H_4O + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 4H_2O$.
2. Для альдегидов характерны реакции присоединения по месту разрыва двойной связи $>C=O$:
а)* гидрирование (восстановление альдегидов)



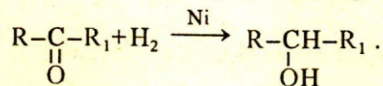
б) взаимодействие со спиртами

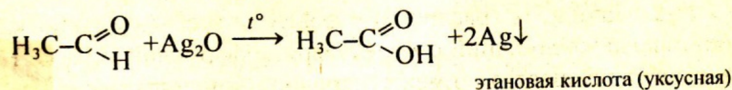




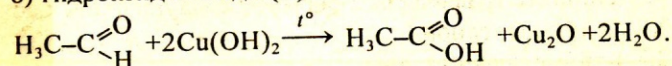
3. Окисление:
а) аммиачным раствором оксида серебра

* При восстановлении кетонов образуются вторичные спирты:





б) гидроксидом меди (II)



11-5. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства метаналя. Укажите условия протекания реакций.

11-6. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства пропаналя. Укажите условия протекания реакций.

11-7. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства метилпропаналя. Укажите условия протекания реакций.

11-8. Напишите уравнения реакций гидрирования следующих веществ:
а) 2,2-диметилбутаналя; б) бутанона;
в) 2,3,4-триметилпентаналя; г) 3-метилпентанона-2.
Назовите продукты реакций.

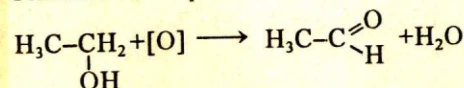
11-9. Восстановлением каких карбонильных соединений можно получить следующие вещества:
а) пентанол-1; б) пентанол-2;
в) 3,4-диметилгексанол-1; г) 3,4-диметилгексанол-2.
Напишите уравнения реакций, назовите исходные вещества.

11-10. Напишите уравнения реакций окисления следующих веществ:
а) 2,2-диметилбутаналя; б) 2,3,4-триметилпентаналя;
в) 3,4-диметилгексаналя.

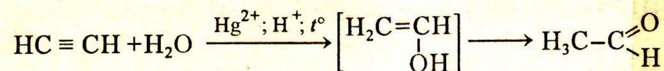
11-11. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить этаналь.

Решение:

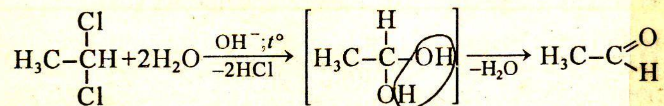
1. Окисление спирта.



2. Гидратация ацетилена (реакция Кучерова).



3. Гидролиз дигалогенпроизводных.



11-12. Напишите уравнения реакций получения метаналя. Укажите условия протекания реакций.

11-13.* Напишите уравнения реакций получения пропаналя. Укажите условия протекания реакций.

11-14. Напишите уравнения реакций получения пропанона. Укажите условия протекания реакций.

11-15. Напишите уравнения реакций гидратации:

а) бутина-1; б) 3-метилбутина-1;

в) 4-этилгексина-2;

Назовите продукты реакций.

11-16. Гидролизом каких дигалогенпроизводных можно получить следующие вещества:

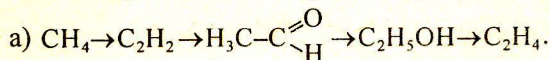
а) 2-метилбутаналь; б) метилбутанон;

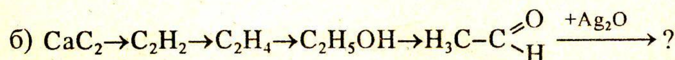
в) 2,4,5-триметил-4-этилгексанон-3;

г) 2,4,5-триметил-4-этилгексаналь?

Напишите уравнения реакций, назовите исходные вещества.

11-17. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



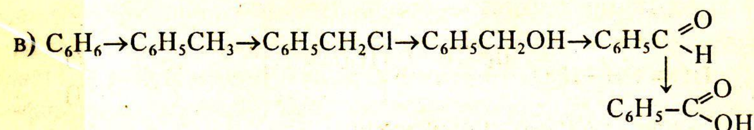


*Кетоны получают аналогично альдегидам (см. 11-11):

а) окислением вторичных спиртов;

б) гидратацией гомологов ацетилена;

в) гидролизом дигалогенпроизводных, в которых два атома галогена стоят у одного атома углерода в середине углеродной цепи.



Укажите условия реакций и названия продуктов.

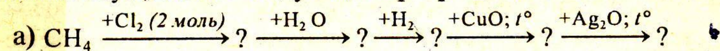
11-18. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

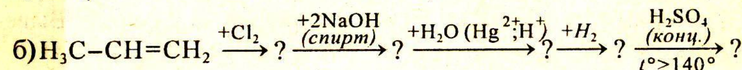
а) пропан → 2-хлорпропан → пропанол-2 → пропанон → → пропанол-2 → пропен → 1-бромпропан → пропанол-1;

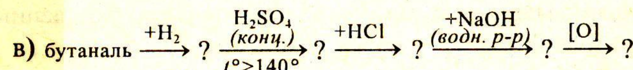
б) этаналь → этанол → хлорэтан → этен → этин → → 1,1-дихлорэтан → этаналь.

Укажите условия протекания реакций.

11-19. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:







11-20. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

а) пентаналь → пентанон-2;

б) пентанон-2 → пентаналь;

в) этанол → бутаналь → этанол;

г) муравьиный альдегид → бутанон → муравьиный альдегид;

д) метан → бензальдегид;

е) неорганические вещества → пропаналь;

ж) пропаналь → 2,4,6-тринитрофенол;

з) бутанон → тетраметилбутан.

11-21. Относительная плотность паров предельного альдегида по воздуху равна 2. Выведите молекулярную формулу альдегида.

11-22. Относительная плотность паров предельного альдегида по азоту равна 3,07. Выведите молекулярную формулу альдегида.

11-23. Относительная плотность паров органического соединения по кислороду равна 2,25. Массовая доля углерода в этом веществе равна 66,67%, массовая доля водорода равна 11,11%, массовая доля кислорода равна 22,22%. Выведите молекулярную формулу органического соединения.

11-24. Относительная плотность паров органического соединения по водороду равна 50. Массовая доля углерода в этом веществе равна 72%, массовая доля водорода равна 12%, массовая доля кислорода равна 16%. Выведите молекулярную формулу органического соединения.

11-25. Относительная плотность паров органического соединения по водороду равна 43. При сжигании 34,4 г этого вещества образуется 44,8 л углекислого газа (н. у.) и 36 г воды. Выведите молекулярную формулу органического соединения.

11-26. Относительная плотность паров органического соединения по кислороду равна 4. При сжигании 38,4 г этого вещества образуется 105,6 г диоксида углерода и 43,2 г воды. Выведите молекулярную формулу органического соединения.

11-27. Какую массу ацетона можно получить при окислении 270 г пропанола-2?

11-28. Какой объем метана (н. у.) необходим для получения 37,5 г формальдегида?

11-29. Найдите объем водорода (н. у.), необходимого для гидрирования 330 г этаналя.

11-30. Найдите массу оксида меди (I), образующегося при действии 19,8 г этаналя на 68,6 г гидроксида меди (II).

11-31. Смесь 26,1 г пропаналя и 8,96 л (н. у.) водорода пропустили над платиновым катализатором. Найдите массу полученного спирта.

11-32. На 18 г бутаналя, содержащего 20% примесей, подействовали избытком аммиачного раствора оксида серебра. Найдите массу образовавшегося осадка.

11-33. Какую массу 20% раствора уксусного альдегида можно получить гидратацией 89,6 л ацетилена (н. у.)?

11-34. При гидратации пропина массой 12 г получен ацетон массой 15,66 г. Найдите долю выхода продукта реакции.

11-35. Какова масса серебра, образующегося при действии избытка аммиачного раствора оксида серебра на 8,8 г этаналя, если доля выхода продуктов реакции составляет 85% от теоретически возможного?

11-36. При окислении метана получен формальдегид массой 180 г. Найдите объем окисленного метана (н. у.), если доля выхода продуктов реакции составляет 75% от теоретически возможного.

11-37. Найдите объем этана (н. у.), необходимого для получения 70,4 г уксусного альдегида.

11-38. На некоторое количество формальдегида подействовали избытком аммиачного раствора оксида серебра. Масса полученного при этом серебра в 2 раза больше, чем при такой же реакции уксусного альдегида массой 11 г. Найдите массу использованного формальдегида.

11-39. На 117,6 г гидроксида меди (II) подействовали при нагревании 20% раствором бутаналя массой 252 г. Найдите массу полученного оксида меди (I), если доля выхода продуктов реакции составляет 75% от теоретически возможного.

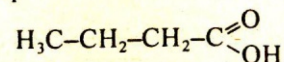
§ 12. Карбоновые кислоты

Карбоновыми кислотами называются органические вещества, молекулы которых содержат одну или несколько карбоксильных групп $-C{\overset{O}{\underset{OH}{\lessgtr}}}$, соединенных с углеводородным радикалом. По числу карбоксильных групп различают кислоты одноосновные, двухосновные и т.д. По строению углеводородного радикала различают предельные, непредельные и ароматические кислоты.

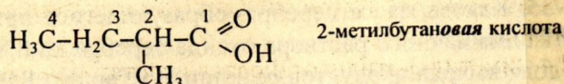
НОМЕНКЛАТУРА

Название кислоты образуется от названия соответствующего углеводорода добавлением ***-овая*** кислота.

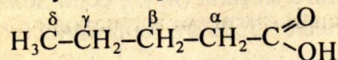
Например:

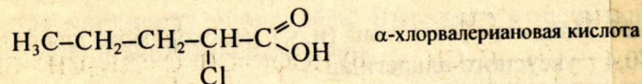


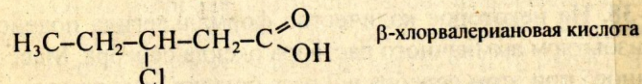
бутан***овая*** кислота



Нумерация атомов углерода начинается с карбоксильной группы. В карбоновых кислотах атомы углерода также принято обозначать буквами греческого алфавита.



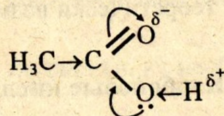




Изомерия карбоновых кислот связана со строением углеводородного скелета.

СТРОЕНИЕ

Атом углерода карбоксильной группы находится в состоянии sp^2-гибридизации и образует три σ-связи и одну π-связь.



Электронная плотность связи C = 0 (особенно π-связи) смещена в сторону атома кислорода, как более электроотрицательного элемента. Атом углерода приобретает частичный положительный заряд. Неподеленная электронная пара гидроксильного атома кислорода находится в сопряжении с π-связью. Вследствие этого увеличивается поляризация связи O ← H, что и является причиной проявления данными веществами кислотных свойств.

Упражнения и задачи

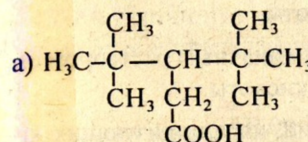
12-1. Напишите графические формулы изомерных карбоновых кислот с молекулярной формулой $C_5H_{10}O_2$. Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

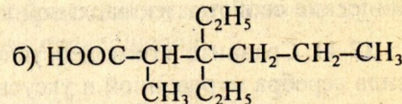
12-2. Напишите графические формулы изомерных карбоновых кислот с молекулярной формулой $C_6H_{12}O_2$. Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

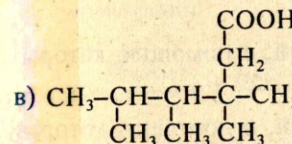
12-3. Напишите графические формулы следующих карбоновых кислот:

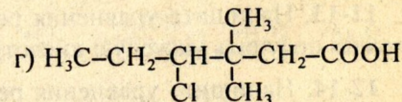
а) 2,4-диметил-3-этилпентановая кислота;
б) 4,5,5-триметил-3,3-диэтилгексановая кислота;
в) 2,3-диметил-4-пентеновая кислота;
г) 4-изопропил-3-гептеновая кислота.

12-4. Назовите следующие вещества по международной номенклатуре:





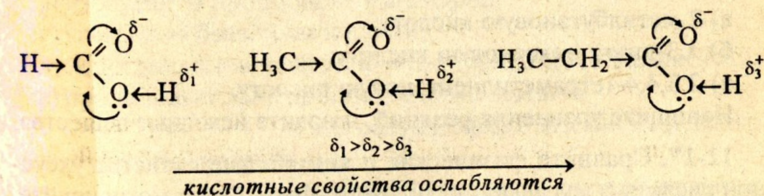




12-5. Напишите графические формулы карбоновых кислот и сложных эфиров с молекулярной формулой $C_4H_8O_2$. Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

12-6. Сравните силу следующих кислот: муравьиной, уксусной, пропионовой.

Решение:



Положительный индуктивный эффект возрастает с увеличением углеводородного радикала, вследствие этого поляризация связи O←H ослабляется и уменьшаются кислотные свойства.

12-7. Сравните силу следующих кислот:

а) этановая кислота, пропановая кислота, бутановая кислота;
б) масляная кислота, изомасляная кислота;

в) α-бромпропионовая кислота, β-бромпропионовая кислота;
г) α-хлорпропионовая кислота, α-бромпропионовая кислота.

12-8. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства муравьиной кислоты.

12-9. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства пропановой кислоты.

12-10. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства изомасляной кислоты.

12-11. Сравните взаимодействие с аммиачным раствором оксида серебра муравьиной и уксусной кислоты.

12-12. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства бензойной кислоты.

12-13. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить уксусную кислоту.

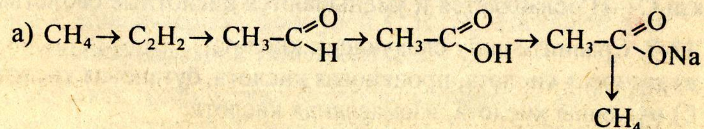
12-14. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить пропановую кислоту.

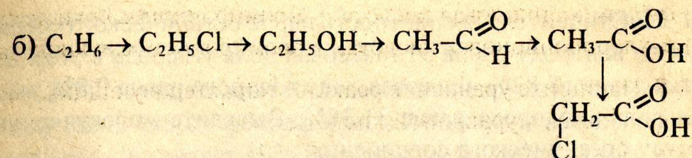
12-15. Окислением каких алканов можно получить:
а) пропановую кислоту;
б) бутановую кислоту;
в) метилпропановую кислоту.
Напишите уравнения реакций, назовите исходные вещества.

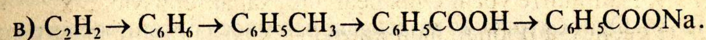
12-16. Окислением каких альдегидов можно получить:
а) 2-метилбутановую кислоту;
б) 3,3-диэтилгексановую кислоту;
в) 2,3,4,4-тетраметилпентановую кислоту.
Напишите уравнения реакций, назовите исходные вещества.

12-17. Сравните физические и химические свойства уксусной кислоты и муравьинометилового эфира. Ответ мотивируйте.

12-18. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

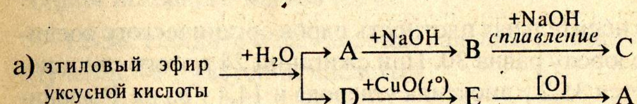


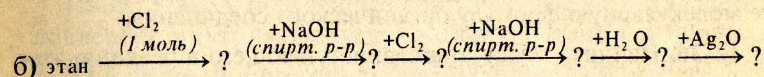


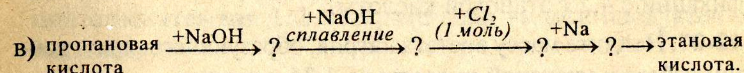


Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

12-19. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:







Назовите продукты реакций.

12-20. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:
а) метан → уксусно-этиловый эфир;
б) циклопропан → ацетат натрия;
в) изобутан → пропионовый ангидрид;
г) углерод → бензойная кислота;
д) неорганические вещества → α-хлорпропионовая кислота;
е) пропиловый эфир пропионовой кислоты →
→ метиловый эфир бензойной кислоты;
ж) бутановая кислота →
→ метиловый эфир пропионовой кислоты;

12-21. Относительная плотность паров предельной одноосновной карбоновой кислоты по воздуху равна 2,552. Выведите молекулярную формулу карбоновой кислоты.

12-22. Относительная плотность паров предельной двухосновной карбоновой кислоты по водороду равна 59. Выведите молекулярную формулу карбоновой кислоты.

12-23. Относительная плотность паров органического соединения по водороду равна 51. Массовая доля углерода в этом веществе равна 58,82%, массовая доля водорода равна 9,8%, массовая доля кислорода равна 31,38%. Выведите молекулярную формулу органического соединения.

12-24. Относительная молекулярная масса органического соединения равна 284. Массовая доля углерода в этом веществе равна 76,06%, массовая доля водорода равна 12,7%, массовая доля кислорода равна 11,24%. Выведите молекулярную формулу органического соединения.

12-25. Относительная плотность паров органического соединения по водороду равна 30. При сжигании 24 г этого соединения образуется 35,2 г диоксида углерода и 14,4 г воды. Выведите молекулярную формулу органического соединения.

12-26. Найдите массу этанола, вступающего в реакцию этерификации с 4,2 г этановой кислоты.

12-27. Найдите массу ацетата натрия, образующегося при действии избытка уксусной кислоты на 1,84 г натрия.

12-28. При окислении бутаналя получена масляная кислота массой 11 г. Найдите массу окисленного альдегида.

12-29. Найдите объем водорода (н. у.), выделяющегося при действии 55,2 г муравьиной кислоты на 16,8 г магния.

12-30. В процессе окислительного крекинга на 81,2 г бутана подействовали 84 л кислорода (н. у.). Найдите массу полученной уксусной кислоты.

12-31. Найдите массу метанола, полностью вступающего в реакцию этерификации с 50 г 84% раствора этановой кислоты.

12-32. Для нейтрализации 26,4 г масляной кислоты потребовалось 60 г раствора гидроксида натрия. Найдите массовую долю гидроксида натрия в этом растворе.

12-33. Найдите массу 90% раствора уксусной кислоты, необходимой для получения 11 г этилацетата.

12-34. При окислении 145 г пропаналя получена карбоновая кислота массой 111 г. Найдите долю выхода продукта реакции.

12-35. Найдите объем (н.у.) оксида углерода (II), полученного при нагревании с концентрированной серной кислотой муравьиной кислоты массой 69 г, если доля выхода продуктов реакции составляет 90% от теоретически возможного.

12-36. Найдите массу метановой кислоты, необходимой для получения 195,2 г фенилформиата, если доля выхода продуктов реакции составляет 80% от теоретически возможного.

12-37. Формальдегид, полученный окислением метана, окислили до муравьиной кислоты. Эту кислоту смешали с концентрированной серной кислотой и нагрели. Для сжигания выделившегося газа потребовалось 500 мл кислорода (н. у.). Найдите объем исходного метана (н. у.).

12-38. Найдите массу карбида кальция, необходимую для получения 48 г уксусной кислоты.

12-39. Этанол, полученный при гидролизе 44 г этилацетата, подвергли внутримолекулярной дегидратации и получили 3,584 л этена (н. у.). Доли выхода продуктов описанных реакций относятся как 1:2. Найдите доли выхода продуктов этих реакций.

12-40. К 180 г метилацетата, содержащего 10% примесей, добавили 400 г 20% раствора гидроксида натрия и нагрели. Найдите массу полученного метанола, если доля выхода продуктов реакции составляет 90% от теоретически возможного.

§ 13. Обобщение сведений о кислородсодержащих соединениях

13-1. Какие из перечисленных ниже веществ являются изомерами?

Пентанол-3; бутандиол-1,2; 2-метилбутаналь; изопропилформиат; 2-метилбутанол-2; пентанон-2; метилпропановая кислота; диметилпропанол; метилбутанон; 2-метилпропандиол-1,3; изопропилацетат.

13-2. Какие из перечисленных ниже веществ являются гомологами?

Этанол; 3-метилбутаналь; этандиол; пропановая кислота; 2-метилпропанол-2; пропанон; пропандиол-1,3; 3-метилбутановая кислота; 2-метилгексанол-2; пентандиол-1,3; пен-

тановая кислота; бутанол-1; 3-метилгексаналь; гександи-ол-1,2; 3-метилгептановая кислота.

13-3. При внутримолекулярной дегидратации спирта состава $C_7H_{16}O$ образуется смесь трех изомерных алкенов. Назовите спирт и получающиеся из него алкены. Напишите уравнение описанной реакции.

13-4. При внутримолекулярной дегидратации спирта состава $C_7H_{16}O$ образуется единственный алкен. Дегидрирование этого спирта по функциональной группе невозможно. Назовите спирт и получающийся из него алкен. Напишите уравнение описанной реакции.

13-5. Органическое вещество состава $C_5H_{10}O$ вступает в реакцию серебряного зеркала. При хлорировании этого вещества образуется единственный монохлорид. Назовите органическое вещество; напишите уравнения описанных реакций.

13-6. Каждое из изомерных ароматических веществ А, Б и В состава $C_6H_6O_2$ образует при реакции со щелочью кислые и средние соли. Вещество А образует при нитровании одно мононитропроизводное, вещество Б — два, а вещество В — три мононитропроизводных. Назовите эти вещества; напишите уравнения описанных реакций.

13-7. Определите вид изомерии бутанола-1 и бутанола-2. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями в строении их молекул.

13-8. Определите вид изомерии 2-метилпропанола-1 и 2-метилпропанола-2. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями в строении их молекул.

13-9. Определите вид изомерии бутанола-2 и 2-метилпропанола-2. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями в строении их молекул.

13-10. Определите вид изомерии бутандиола-1,2 и бутандиола-1,4. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями в строении их молекул.

13-11. Определите вид изомерии бутанола-1 и диэтилового эфира. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями в строении их молекул.

13-12. Определите вид изомерии пентаналя и пентанона-2. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями в строении их молекул.

13-13. Определите вид изомерии 2-хлорбутановой кислоты и 3-хлорбутановой кислоты. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями в строении их молекул.

13-14. Определите вид изомерии бутановой кислоты и этилацетата. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями в строении их молекул.

13-15. Определите вид изомерии бутановой кислоты и бутендиола. Покажите различия свойств этих веществ, обусловленные различиями в строении их молекул.

13-16. Какие из перечисленных ниже веществ могут вступать в реакцию с водородом?

Этанол; бутантриол-1,2,3; фенол; бутаналь; пропанон; этановая кислота.

Напишите уравнения возможных реакций.

13-17. Какие из перечисленных ниже веществ могут вступать в реакцию с натрием?

Пропанол-2; бутандиол-1,2; орто-нитрофенол; пропаналь; бутанон; метановая кислота.

Напишите уравнения возможных реакций.

13-18. Какие из перечисленных ниже веществ могут вступать в реакцию с гидроксидом натрия?

Бутанол-1; глицерин; 2,4,6-тринитрофенол; метилпропаналь; пентанон-2; метилпропановая кислота.

Напишите уравнения возможных реакций.

13-19. Какие из перечисленных ниже веществ могут вступать в реакцию с метанолом?

Этанол; этиленгликоль; фенол; пентаналь; пентанон-3; пропановая кислота.

Напишите уравнения возможных реакций.

13-20. Какие из перечисленных ниже веществ могут вступать в реакцию с уксусной кислотой?

Пентанол-2; глицерин; пара-бромфенол; 2,2-диметилбутаналь; метилбутанон; бутановая кислота.

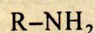
Напишите уравнения возможных реакций.

Часть III. АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

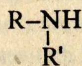
§ 14. Амины. Анилин

Аминами называются производные аммиака, в котором один, два или три атома водорода замещены углеводородными радикалами.

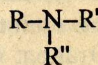
По числу радикалов различают первичные, вторичные и третичные амины.



первичный амин



вторичный амин



третичный амин

По углеводородным радикалам различают предельные, непредельные и ароматические амины.

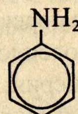
По числу аминогрупп – ***моно-***, ***ди-*** и ***поли***амины.

НОМЕНКЛАТУРА

1. По названиям радикалов

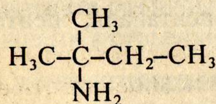


метилэтиламин



фениламин (анилин)

2. Заместительная — от названия углеводорода, соответствующего главной цепи



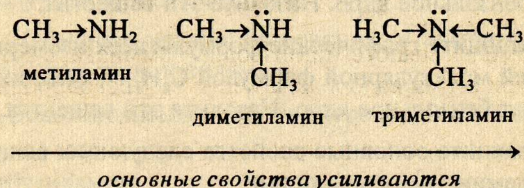
2-амино-2-метилбутан

Изомерия связана со строением углеродного скелета, с положением аминогруппы, числом и составом углеводородных радикалов.

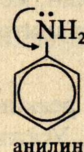
СТРОЕНИЕ

Атом азота аминогруппы имеет неподеленную электронную пару, благодаря которой возможно образование связи по донорно-акцепторному механизму, т.е. амины проявляют основные свойства.

В ряду алифатических аминов основность повышается от первичных к третичным аминам.



В ряду ароматических аминов – наоборот.



Неподеленная электронная пара азота вступает в сопряжение с π-облаком и на атоме азота электронная плотность уменьшается, следовательно, основные свойства ослабляются. В бензольном ядре под влиянием аминогруппы увеличивается подвижность атомов водорода в положении 2,4,6.

Этим и обусловлены химические свойства анилина.

Упражнения и задачи

14-1. Напишите графические формулы изомерных аминов с общей молекулярной формулой $C_4H_{11}N$. Назовите эти вещества.

14-2. Напишите графические формулы изомерных аминов с общей молекулярной формулой $C_5H_{13}N$. Назовите эти вещества.

14-3. Напишите графические формулы изомерных аминов с общей молекулярной формулой C_3H_7N. Назовите эти вещества.

14-4. Напишите графические формулы изомерных аминов с общей молекулярной формулой C_4H_9N. Назовите эти вещества.

14-5. Напишите графические формулы следующих веществ:
а) 2-амино-2-метилбутан;
б) 1-амино-2,3-диметил-3-изопропилгексан;
в) диметилвторбутиламин;
г) диметилтретбутиламин.

14-6. Напишите графические формулы всех изомерных аминов с общей молекулярной формулой C_7H_9N, если их молекулы содержат бензольное ядро. Назовите эти вещества.

14-7. Напишите графические формулы всех изомерных аминов с общей молекулярной формулой $C_8H_{11}N$, если их молекулы содержат бензольное ядро. Назовите эти вещества.

14-8. Сравните основные свойства следующих веществ:
а) метиламин, аммиак, анилин;
б) фениламин, дифениламин, аммиак;
в) аммиак, метилпропиламин, метилизопропиламин;
г) аммиак, анилин, 2,4,6-тринитроанилин.
Ответ мотивируйте.

14-9. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства метиламина. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

14-10. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства этиламина. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

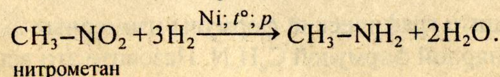
14-11. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства изопропиламина. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

14-12. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства мета-метиланилина. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

14-13. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить метиламин.

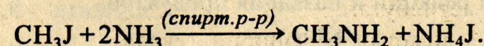
Решение:

1. Восстановление нитроалкана



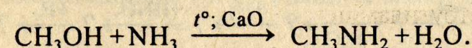
$$\underset{\text{нитрометан}}{CH_3{-}NO_2} + 3H_2 \xrightarrow{Ni;\, t^\circ;\, p} CH_3{-}NH_2 + 2H_2O.$$

2. Аминирование галогеналканов*



$$CH_3J + 2NH_3 \xrightarrow{(спирт.р\text{-}р)} CH_3NH_2 + NH_4J.$$

3. Аминирование спиртов**



$$CH_3OH + NH_3 \xrightarrow{t^\circ;\, CaO} CH_3NH_2 + H_2O.$$

14-14. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить этиламин.

14-15. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить изопропиламин.

14-16. Восстановлением каких нитросоединений можно получить:
а) третбутиламин;
б) фениламин;
в) пара-метиланилин.

14.17. Из каких бромпроизводных можно получить:
а) изопропиламин;
б) анилин;
в) орто-этиланилин.
Напишите уравнения соответствующих реакций.

14-18. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия протекания реакций, назовите вещества.

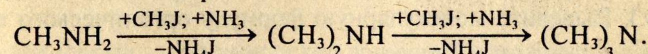
а) $CH_4 \to CH_3Cl \to C_2H_6 \to C_2H_5NO_2 \to C_2H_5NH_2 \to C_2H_5NH_3Cl$;

б) $CaO \to CaC_2 \to C_2H_2 \to C_6H_6 \to C_6H_5NO_2 \to C_6H_5NH_2 \to$
$\to C_6H_2Br_3NH_2$

14-19. Напишите уравнения реакций, с помощью которых

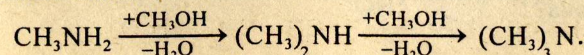
---

* Происходит и дальнейшее алкилирование метиламина с образованием диметиламина и триметиламина



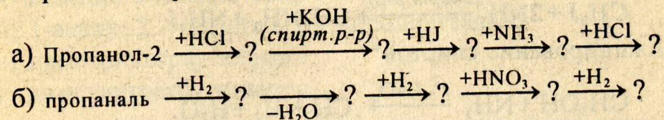
$$CH_3NH_2 \xrightarrow[-NH_4J]{+CH_3J;\, +NH_3} (CH_3)_2NH \xrightarrow[-NH_4J]{+CH_3J;\, +NH_3} (CH_3)_3N.$$

** При аминировании спиртов также можно получить вторичные и третичные амины



$$CH_3NH_2 \xrightarrow[-H_2O]{+CH_3OH} (CH_3)_2NH \xrightarrow[-H_2O]{+CH_3OH} (CH_3)_3N.$$

можно осуществить следующие превращения. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.



14-20. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

а) Неорганические вещества → хлорид фениламмония;
б) метан → триэтиламин;
в) углерод → мета-метиланилин;
г) 1,1-диметилциклопропан → бромид пропиламмония;
д) этилацетат→ 2,4,6 триброманилин.

14-21. Относительная плотность паров предельного амина по воздуху равна 2,034. Выведите молекулярную формулу амина.

14-22. Относительная плотность паров ароматического амина по азоту равна 3,82. Выведите молекулярную формулу амина.

14-23. Массовая доля углерода в диамине равна 48,65%, массовая доля водорода равна 13,51%. Выведите молекулярную формулу диамина.

14-24. Массовая доля углерода в моноамине равна 63,16 %, массовая доля водорода равна 12,28%. Выведите молекулярную формулу амина.

14-25. Относительная плотность паров органического соединения по воздуху равна 3. При сгорании 8,7 г этого вещества образуется 11,2 л углекислого газа, 1,12 л азота (н. у.) и 11,7 г воды. Выведите молекулярную формулу органического вещества.

14-26. Относительная плотность паров органического соединения по водороду равна 21,5. При сгорании 8,6 г этого вещества образуется 17,6 г диоксида углерода, 9 г воды и 2,24 л азота (н. у.). Выведите молекулярную формулу органического вещества.

14-27. Какой объем азота (н. у.) образуется при сгорании 43,4 г метиламина?

14-28. Найдите массу нитробензола, необходимого для получения 55,8 г анилина.

14-29. Через раствор, содержащий 9 г этиламина, пропустили 5,6 л хлороводорода (н. у.). Найдите массу образовавшейся соли.

14-30. Найдите массу 2,4,6-триброманилина, полученного при действии 48 г брома на 15 г анилина.

14-31. Найдите массу анилина, полученного восстановлением 40 г нитробензола, содержащего 7,75% примесей.

14-32. Найдите массу 36,5% раствора соляной кислоты, реагирующей без остатка с 200 г анилина, содержащего 7% примесей.

14-33. При восстановлении 73,8 г нитробензола получен анилин массой 44,64 г. Найдите долю выхода продукта реакции.

14-34. Найдите массу 2,4,6-триброманилина, полученного при действии избытка брома на 18,6 г анилина, если доля выхода продуктов реакции составляет 75% от теоретически возможного.

14-35. Найдите массу бромметана, необходимого для получения 49,6 г метиламина, если доля выхода продуктов реакции составляет 80% от теоретически возможного.

14-36. Найдите массу бензола, необходимого для получения 139,5 г анилина.

14-37. Какой объем бромоводорода может вступить в реакцию с метиламином, синтезированным из 5 л метана (н. у.)?

14-38. На 17,7 г изопропиламина подействовали 324 г 10% раствора бромоводородной кислоты. Найдите массу полученной соли, если доля выхода продуктов реакции составляет 90% от теоретически возможного.

§ 15. Аминокислоты

Аминокислоты — органические вещества, в молекулах которых содержатся карбоксильная ($-C{\lt}^{O}_{OH}$) и аминогруппа ($-NH_2$).

НОМЕНКЛАТУРА

1. Положение аминогруппы указывается цифрой, нумерация главной углеродной цепи начинается с карбоксильной группы.

Например:

$$\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H(NH_2)-\overset{2}{C}H_2-\overset{1}{C}(=O)OH$$ 3-аминобутановая кислота

2. Положение аминогруппы указывается буквой греческого алфавита (α; β; γ; δ; ε и т. д.).

Например:

$$\overset{\gamma}{C}H_3-\overset{\beta}{C}H_2-\overset{\alpha}{C}H(NH_2)-COOH$$ α-аминомасляная кислота

$$\overset{\gamma}{C}H_3-\overset{\beta}{C}H(NH_2)-\overset{\alpha}{C}H_2-COOH$$ β-аминомасляная кислота

Изомерия связана со строением углеродного скелета и взаимным расположением амино- и карбоксильной группы.

СТРОЕНИЕ

Атом азота аминогруппы имеет неподеленную электронную пару (см. § 13), чем и обусловлены основные свойства аминокислот.

Карбоксильная группа обуславливает кислотные свойства. Таким образом, аминокислоты являются амфотерными органическими соединениями.

В молекулах аминокислот существует взаимное влияние функциональных групп.

Аминогруппа обладает отрицательным индуктивным эффектом и повышает полярность связи O ← H в карбоксильной группе и, следовательно, усиливает кислотные свойства.

Карбоксильная группа также обладает отрицательным индуктивным эффектом и понижает электронную плотность на атоме азота, затрудняя присоединение протона и, следовательно, ослабляет основные свойства.

С удалением функциональных групп друг от друга взаимное влияние ослабляется. В растворе аминокислоты образуется биполярный ион или внутренняя соль.

$$\ddot{N}H_2-CH_2-C(=O)OH \rightleftarrows \overset{\oplus}{N}H_3-CH_2-C(=O)O^{\ominus}$$

Диаминокарбоновые кислоты в растворе имеют щелочную реакцию среды, а аминодикарбоновые кислоты — кислую.

Упражнения и задачи

15-1. Напишите графические формулы изомерных аминокислот с молекулярной формулой $C_3H_7O_2N$. Назовите эти вещества.

15-2. Напишите графические формулы изомерных аминокислот с молекулярной формулой $C_4H_9O_2N$. Назовите эти вещества.

15-3. Напишите графические формулы изомерных предельных моноаминокарбоновых кислот с пятью атомами углерода в молекуле. Назовите эти вещества.

15-4. У какой из аминокислот – α-аминопропионовой или β-аминопропионовой – кислотные свойства выражены больше. Ответ мотивируйте.

15-5. У какой из аминокислот – α-аминопропионовой или β-аминопропионовой – основные свойства выражены больше. Ответ мотивируйте.

15-6. Сравните основные и кислотные свойства α, β и γ-аминомасляных кислот. Ответ мотивируйте.

15-7. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства α-аминопропионовой кислоты.

15-8. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства β-аминопропионовой кислоты.

15-9. Какую окраску будет иметь фиолетовый лакмус в растворе следующих аминокислот:

а) α-аминопропионовая (аланин);

б) 2,6-диаминогексановая (лизин);

в) 2-аминопентандиовая (глутамин).

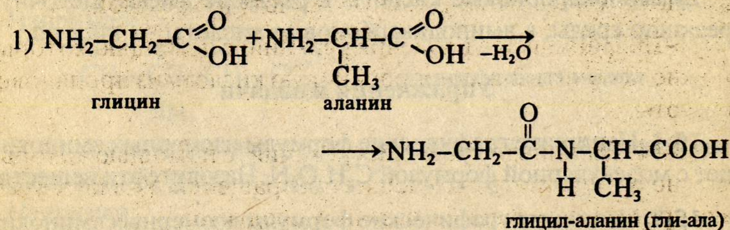
Напишите уравнения реакций взаимодействия этих кислот а) с соляной кислотой; б) с гидроксидом калия.

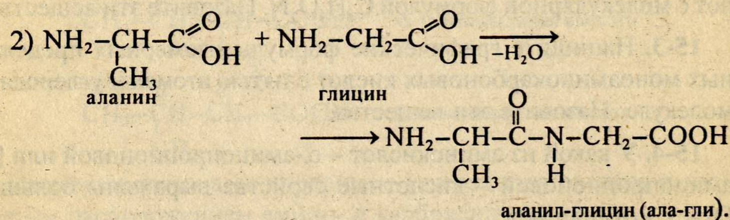
15-10. Напишите уравнения реакций образования дипептидов из глицина и аланина.

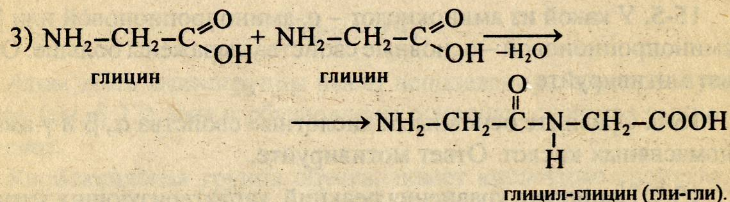
4 Зак. № 846

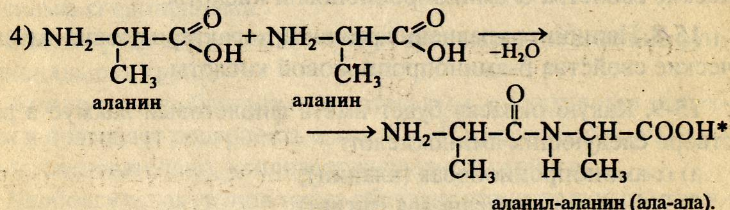
Решение:

При взаимодействии глицина и аланина возможно образование четырех дипептидов:









---

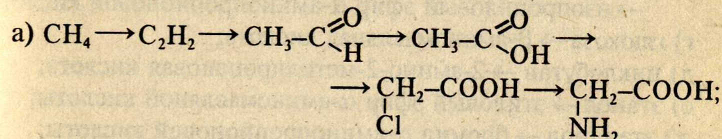
* Для того, чтобы синтезировать только один из перечисленных дипептидов, необходимо предварительно «защитить» аминогруппу и карбоксильную группу, которые не должны участвовать в конденсации. Например: необходимо синтезировать дипептид глицил-аланин.

15-11. Составьте схему образования дипептида глицил-фенилаланина (гли-фен).

15-12. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить аминоуксусную кислоту из уксусной.

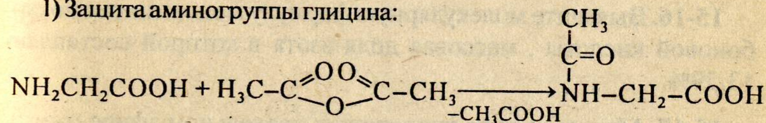
15-13. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить 2-аминопропановую кислоту из пропановой кислоты.

15-14. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

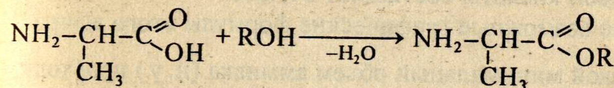


---

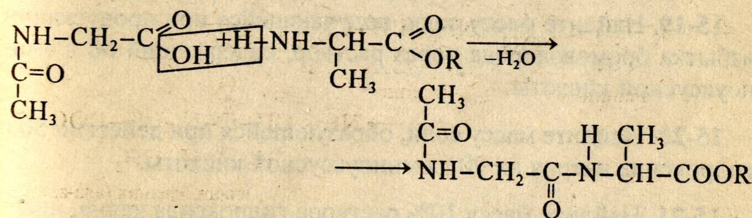
1) Защита аминогруппы глицина:



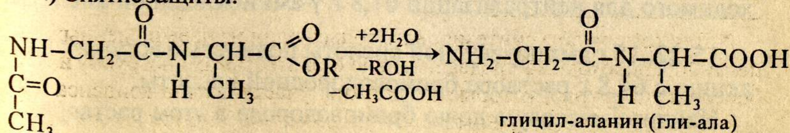
2) Защита карбоксильной группы аланина:

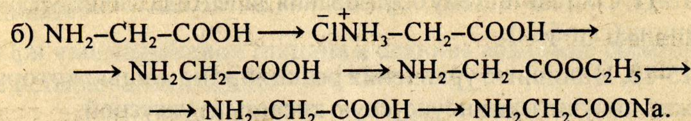


3) Образование пептидной связи:



4) Снятие защиты:





б) $NH_2{-}CH_2{-}COOH \longrightarrow \overset{-}{Cl}\overset{+}{N}H_3{-}CH_2{-}COOH \longrightarrow$

$\longrightarrow NH_2CH_2{-}COOH \longrightarrow NH_2{-}CH_2{-}COOC_2H_5 \longrightarrow$

$\longrightarrow NH_2{-}CH_2{-}COOH \longrightarrow NH_2CH_2COONa.$

15-15. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

а) метан → γ-аминомасляная кислота;
б) углерод → β-аминопропионовая кислота;
в) неорганические вещества →
→ изопропиловый эфир α-аминопропионовой кислоты;
г) глюкоза → β-аминомасляная кислота;
д) циклобутан → 2-амино-2-метилпропановая кислота;
е) этанол → этиловый эфир α-аминомасляной кислоты;
ж) этандиол → бромид α-аминопропионовой кислоты;
з) уксусный ангидрид → глицил-глицин.

15-16. Выведите молекулярную формулу моноаминомонокарбоновой кислоты , массовая доля азота в которой составляет 13,59%.

15-17. Массовая доля кислорода в предельном эфире α-аминопропионовой кислоты составляет 24,43%.
Напишите возможные графические формулы этого эфира.

15-18. Какой минимальный объем аммиака (н. у.) необходим для получения 45 г аминоуксусной кислоты?

15-19. Найдите массу соли, получающейся при пропускании избытка бромоводорода через раствор, содержащий 60 г аминоуксусной кислоты.

15-20. Найдите массу соли, образующейся при действии 50 г гидроксида натрия на 90 г аминоуксусной кислоты.

15-21. Найдите массу 10% раствора гидроксида калия, необходимого для нейтрализации 61,8 г γ-аминомасляной кислоты.

15-22. 15 г аминоуксусной кислоты полностью вступает в реакцию с 64,8 г раствора бромоводородной кислоты.
Найдите массовую долю бромоводорода в этом растворе.

15-23. При аминировании 69,5 г бромуксусной кислоты образовалось 30 г аминоуксусной кислоты.
Найдите долю выхода продуктов реакции.

15-24. Какую массу дипептида глицил-глицин можно получить из 15 г аминоуксусной кислоты, если доля выхода продуктов реакции составляет 60% от теоретически возможного?

Часть IV. ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ ПОВЫШЕННОЙ СЛОЖНОСТИ

1. При действии избытка соляной кислоты на 154 г смеси карбидов натрия и кальция получена смесь газообразных продуктов. Для сжигания этой газовой смеси потребовался кислород объемом 123,2 л (н. у.). Найдите массовую долю карбида кальция в исходной смеси.

2. 0,38 г углеводорода А, массовая доля углерода в котором составляет 94,737%, полностью реагирует с 0,23 г натрия. При полном гидрировании вещества А образуется вещество Б, в котором массовая доля углерода составляет 83,72%. Определите возможные структуры вещества А.

3. Смесь метана и пропена подвергли гидрированию. Относительная плотность по водороду смеси продуктов гидрирования равна 15. Найдите массовые доли компонентов в исходной смеси.

4. Смесь ацетилена с водородом при температуре 0 °С и давлении 2 атм. имеет плотность 0,714 г/л. Эту смесь газов нагрели и пропустили над никелевым катализатором. Найдите объемные доли газов в смеси, получившейся в результате реакции.

5. Смесь этена с пропеном массой 28 г обесцвечивает 2400 г бромной воды с массовой долей брома 5%. Найдите плотность этой смеси по водороду.

6. Смесь метана и бутана при давлении 150 кПа и температуре 100 °С имеет плотность по водороду 23,75. 9,5 г этой смеси сожгли в избытке кислорода и пропустили продукты реакции через избыток раствора гидроксида кальция. Найдите массу выпавшего при этом осадка.

7. Объемные доли этана и бутана в газовой смеси равны соответственно 40% и 60%. Найдите объем кислорода, необходимого для сжигания 117 г такой смеси.

8. Смесь этилена с кислородом массой 12,05 г занимает объем 100 л при температуре 27 °С и давлении 10 кПа. 120 г такой смеси подожгли и пропустили продукты сгорания через избыток раствора гидроксида кальция. Найдите массу выпавшего осадка.

9. Для поглощения углекислого газа, полученного при сжигании смеси метана и метилциклобутана массой 78 г, достаточно 1 кг раствора гидроксида натрия с массовой долей растворенного вещества 22%. Найдите массовые доли углеводородов в смеси.

10. Ароматический углеводород образует единственное мононитропроизводное. Для получения этого нитропроизводного потребовалось 10,6 г углеводорода и 10 г 63% раствора азотной кислоты. Найдите массу 40% раствора гидроксида натрия, необходимого для нейтрализации кислоты, полученной при окислении 5,3 г исходного ароматического углеводорода.

11. Объем кислорода, затраченный на сжигание некоторого алкадиена, равен сумме объемов сгорающего углеводорода и образующегося углекислого газа. Найдите массу 2% водного раствора брома, который обесцветится при пропускании 2 г этого алкадиена.

12. Объем воздуха, необходимый для сжигания газообразного алкена, в 30 раз больше объема сжигаемого алкена. Назовите все алкены, удовлетворяющие данному условию. (Объемная доля кислорода в воздухе — 20%).

13. При дегидратации 23,2 г органического вещества получена смесь трех алкенов общей массой 14,7 г. Доля выхода продуктов дегидратации — 75% от теоретически возможного. Напишите уравнение этой реакции. Назовите исходное вещество и продукты реакции.

14. Натриевую соль предельной одноосновной карбоновой кислоты массой 24 г прокалили с избытком гидроксида натрия. Для сжигания образовавшегося углеводорода необходимо 14,7 л кислорода (н. у.). Определите формулу исходной соли, учитывая, что синтез углеводорода проходит с долей выхода продуктов 75% от теоретически возможного.

15. При нагревании уксусного ангидрида с 10% водным раствором уксусной кислоты получено 200 г 50% раствора уксусной кислоты. Найдите массы использованных ангидрида и раствора кислоты.

16. Какие массы уксусного ангидрида и воды потребуются, чтобы, смешав их, получить 400 г водного раствора уксусной кислоты с массовой долей растворенного вещества 60%?

17. При действии смеси этилового спирта и уксусной кислоты на избыток натрия выделилось 8,4 л водорода (н. у.). Такое же количество смеси полностью реагирует с 200 г 5% раствора гидроксида натрия. Найдите массовые доли спирта и кислоты в исходной смеси.

18. Из 20 г технического карбида кальция получили уксусный альдегид. При действии на этот альдегид избытка аммиачного раствора оксида серебра выпадает осадок, для растворения которого требуется 100 г 63% раствора азотной кислоты. Найдите массовую долю инертных примесей в исходном карбиде кальция.

19. На формальдегид, полученный окислением метана, подействовали избытком свежеосажденного гидроксида меди (II) и получили красно-коричневый осадок. При действии на этот осадок избытка разбавленной азотной кислоты выделился 1 л газа (н. у.). Найдите объем исходного метана.

20. Для нейтрализации 38 г смеси муравьиной и уксусной кислот потребовалось 300 г 10% раствора гидроксида натрия. Какой объем газа (н. у.) выделится при действии на такое же количество смеси кислот избытка аммиачного раствора оксида серебра?

21. В колбе смешали 4,7 г фенола и 150 г 4% раствора гидроксида натрия. Найдите массу 36,5% раствора соляной кислоты, которая потребуется для реакции с содержимым колбы.

22. Смесь изомерных дибромэтанов массой 28,2 г обработали в соответствующих условиях избытком водного раствора щелочи и получили смесь органических продуктов массой 7,5 г. Найдите объем газа (н. у.), который выделится при действии полученной смеси на избыток натрия.

23. При действии 95 г водного раствора этанола на избыток натрия выделился газ, для сжигания которого требуется 25,2 л кислорода (н. у.). Найдите массы этилена и воды, которые необходимы для получения такого количества раствора этанола.

24. Смесь равных объемов двух газообразных углеводородов разделили на две равные части. Одну часть гидратировали и на полученную смесь продуктов подействовали избытком аммиачного раствора оксида серебра; при этом выпал осадок массой 2,16 г. Вторую половину исходной смеси сожгли в кислороде. Объем затраченного кислорода — 1,232 л (н. у.). Определите, какие углеводороды содержались в смеси. Вычислите их массовые доли.

25. Для омыления некоторого количества этилацетата требуется 400 г 20% раствора гидроксида натрия. Найдите массу технического карбида кальция, необходимую для получения этого количества этилацетата (массовая доля инертных примесей в техническом карбиде 20%).

26. 14,8 г предельной одноосновной карбоновой кислоты нейтрализовали гидроксидом натрия. Полученную соль прокалили с избытком гидроксида натрия. Для сжигания образовавшегося при этом углеводорода потребовалось 15,68 л кислорода (н. у.). Определите формулу исходной кислоты.

27. При действии избытка аммиачного раствора оксида серебра на смесь пропанона и пропаналя выделился осадок массой 21,6 г. Такое же количество смеси гидрировали, и смесь продуктов гидрирования подвергли внутримолекулярной дегидратации, в результате которой получили алкен объемом 6,72 л (н. у.). Доля выхода продуктов дегидратации составляет 75% от теоретического. Найдите массовую долю пропаналя в исходной смеси.

28. При окислении 2,34 г предельного альдегида избытком аммиачного раствора оксида серебра выпал осадок массой 7,02 г. Найдите массу 10% раствора гидроксида натрия, необходимого для нейтрализации полученного органического вещества.

29. Из метана, занимающего при давлении 2 атм. и температуре 20 °С объем 44,8 л трехстадийным синтезом получена уксусная кислота. Какую массу 60% раствора можно приготовить

из этой кислоты, если доли выхода продуктов на каждой стадии синтеза составляют 90% от теоретически возможного?

30. Раствор фенола в метаноле массой 73,4 г реагирует без остатка с 960 г 5% раствора брома. Найдите объем водорода (н. у.), который выделится при действии 183,5 г такого раствора фенола в метаноле на избыток натрия.

31. Смесь этанола, уксусной кислоты и метиламина массой 300 г разделили на две равные части. С одной из них реагирует без остатка 10% раствор соляной кислоты массой 730 г. С другой реагирует без остатка 5% раствор гидроксида натрия массой 200 г. Найдите массовую долю этанола в смеси.

32. Найдите массу алкана, необходимую для получения окислительным крекингом карбоновой кислоты массой 11 г, если доля выхода кислоты составляет 60% от теоретически возможного. Массовая доля кислорода в карбоновой кислоте равна 36,36%.

33. Образец натрия массой 4,6 г опустили в 45,4 г этанола. Найдите массовую долю этилата натрия в полученном спиртовом растворе.

34. Найдите массу фенилацетата, которую можно получить из 200 г карбида кальция, массовая доля инертных примесей в котором 4%.

35. Относительная плотность по водороду паров предельного одноатомного спирта на 28 меньше, чем плотность по водороду паров простого эфира, полученного при межмолекулярной дегидратации этого спирта. Определите формулу эфира, если известно, что при внутримолекулярной дегидратации исходного спирта образуется смесь алкенов.

36. При нагревании 23 г этилового спирта в присутствии концентрированной серной кислоты образовалась смесь органических продуктов массой 17,6 г. Найдите массу бромной воды с массовой долей брома 4%, которую может обесцветить эта смесь.

37. При сплавлении натриевой соли карбоновой кислоты А с избытком гидроксида натрия образовался газообразный углеводород В, имеющий при нормальных условиях плотность 1,965 г/л. Определите возможные структуры кислоты А. Найдите массу гидроксида натрия, необходимого для получения вещества В из 26,4 г кислоты А.

38. Для нейтрализации смеси муравьиной и уксусной кислот необходимо 300 г 10% раствора гидроксида натрия. При действии на такое же количество смеси избытка аммиачного раствора оксида серебра выделилось 11,2 л газа (н. у.). Определите массовые доли кислот в исходной смеси.

39. Пропадиен и дивинил общей массой 74 г подвергли полной гидратации, использовав для этого 45 г воды. Какой объем водорода (н. у.) может присоединить смесь продуктов гидратации?

Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие переходы. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

40. Этиленгликоль → ортобромфенол.

41. Неорганические вещества → глицин.

42. Неорганические вещества → бромид фениламмония.

43. 1,1-диметилциклопропан → дивинил.

44. Этиловый спирт → дифениловый эфир.

45. Глюкоза → фенилацетат.

46. Метанол → щавелевая кислота.

47. Диметилпропан → изопропилацетат.

48. Карбид алюминия → метилформиат.

49. Бутилацетат → 1,2-диметилциклобутан.

50. Этиленгликоль → поливинилхлорид.

51. Целлюлоза → 2,4,6-тринитрофенол.

52. Крахмал → изобутиламин.

53. Метилформиат → дивинил.

54. Изопропилацетат → изопреновый каучук.

55. Неорганические вещества → фенолформальдегидная смола.

56. 1,3-диметилциклобутан → ацетон.

57. Ацетат натрия → циклобутан.
58. 1,1-диметилциклобутан → аланин.
59. Уксусный ангидрид → гексахлоран.
60. Углерод → анилин.
61. Крахмал → аланилглицин.
62. Глюкоза → полиформальдегид.
63. Углерод → дивинил.
64. Метан → фенилацетат.
65. Карбид кальция → дивиниловый каучук.
66. Метан → метилформиат.
67. Карбид кальция → пикриновая кислота.
68. Карбид алюминия → пикриновая кислота.
69. Карбид кальция → аминоэтановая кислота.
70. 1-хлорпропан → этан.
71. Глюкоза → метан.
72. Пропан → 2,3-диметилбутан.
73. Бутан → 3,4-диметилгексан.
74. Этан → 3,4-диметилгексан.
75. Метан → хлоропреновый каучук.
76. Оксид углерода (II) → метановая кислота.
77. Карбид кальция → бензойная кислота.
78. Метан → 2,4,6-тринитротолуол.
79. Карбид кальция → диэтиловый эфир.
80. Метан → метилбензоат.
81. Метан → полистирол.
82. Карбид кальция → поливинилхлорид.
83. Карбид алюминия → фенолят железа (III).
84. Оксид углерода (II) → бутадиен-1,3.
85. Метан → бутадиенстирольный каучук.
86. 1-хлорпропан → фенол.

87. Бутанол-1 → пропан.
88. Метаналь → анилин.
89. Углекислый газ → тринитроцеллюлоза.
90. Карбид кальция → хлорид аминоуксусной кислоты.
91. Целлюлоза → этиловый эфир молочной кислоты.
92. Целлюлоза → бутадиеновый каучук.
93. Углерод → аланилглицин.
94. Глюкоза → этилацетат.
95. Глюкоза → метанол.
96. Хлорэтан → метан.
97. Карбид алюминия → глицил-глицин.
98. Метан → ацетатное волокно.
99. Метан → пропанол-2.
100. Глюкоза → анилин.
101. Бутан → 2,4,6-тринитрофенол.
102. Карбид кальция → анилин.
103. Глюкоза → фенол.
104. Метан → этанол.
105. Метаналь → глицерин.
106. Метаналь → хлорид фениламмония.
107. Целлюлоза → поливинилхлорид.
108. Углерод → пропанол-1.
109. Целлюлоза → глицил-аланин.
110. Этаналь → 2,4,6-триброманилин.
111. Метан → 3,4-диметилгексанол-3.
112. Углерод → кальциевая соль пропановой кислоты.
113. Целлюлоза → анилин.
114. Углерод → фенолформальдегидная смола.
115. Бутан → аланин.
116. Глюкоза → метиламин.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица

Молярные массы наиболее часто применяемых органических веществ

Углеводородные радикалы	Масса радикала	Заместители и функциональные группы										
		H	CH_3	Cl	Br	J	–OH	–C(=O)H	–C(=O)OH	–C(=O)O–	$-NO_2$	$-NH_2$
Предельные углеводороды												
H–		2	16	36,5	81	128	18	30	46	45	47	17
CH_3-	15	16	30	50,5	95	142	32	44	60	59	61	31
C_2H_5-	29	30	44	64,5	109	156	46	58	74	73	75	45
C_3H_7-	43	44	58	78,5	123	170	60	72	88	87	89	59
C_4H_9-	57	58	72	92,5	137	184	74	86	102	101	103	73
$C_5H_{11}-$	71	72	86	106,5	151	198	88	100	116	115	117	87
$C_6H_{13}-$	85	86	100	120,5	165	212	102	114	130	129	131	101
$C_{15}H_{51}-$	211	212	226	246,5	291	338	228	240	256	255	257	227
$C_{16}H_{53}-$	225	226	240	260,5	305	352	242	254	270	269	271	241
$C_{17}H_{35}-$	239	240	254	274,5	319	366	256	268	284	283	285	255
Непредельные углеводороды												
$CH_2{=}CH-$	27	28	42	62,5	107	154	44	56	72	71	73	43
$CH_2{=}CH-CH_2-$	41	42	56	76,5	121	168	58	70	86	85	87	57
$CH_2{=}CH-(CH_2)_2-$	55	56	70	90,5	135	182	72	84	100	99	101	71
$CH{\equiv}C-$	25	26	40	60,5	115	152	42	54	70	69	71	41
$CH{=}C-CH_2-$	39	40	54	74,5	119	166	56	68	84	83	85	55
$C_{17}H_{33}-$	237	238	252	272,5	317	364	254	266	282	281	283	253
Ароматические углеводороды и их производные												
C_6H_5-	77	78	92	112,5	157	204	94	106	122	121	123	93

РЕШЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

Основные величины и формулы, необходимые при решении расчетных задач.

Масса — m (г; кг; т).

Объем — V (мл, л, м^3).

Количество вещества — ν (моль).

Молярная масса — M (г/моль) [численно равна относительной атомной или молекулярной массе].

Молярный объем — V_M (л/моль) [при н. у. $V_M = 22{,}4$ л/моль для любого газа].

Массовая доля — ω.

Объемная доля — φ.

Доля выхода продукта от теоретически возможного — η.

Относительная плотность газа A по газу B — $D_B(A)$.

Плотность — ρ (г/мл).

$$M = \frac{m}{\nu}; \qquad m = M \cdot \nu; \qquad \nu = \frac{m}{M};$$

$$V_M = \frac{V}{\nu}; \qquad V = V_M \cdot \nu; \qquad \nu = \frac{V}{V_M};$$

$$D_B(A) = \frac{M_r(A)}{M_r(B)}; \quad M_r(A) = D_B(A) \cdot M_r(B);$$

$\eta = \dfrac{m_{практ}}{m_{теор}}$; $m_{практ}(V_{практ})$ — масса (объем) вещества, полученного в результате реакции;

$\eta = \dfrac{V_{практ}}{V_{теор}}$; $m_{теор}(V_{теор})$ — масса (объем) вещества, которую могли получить согласно уравнению реакции.

Задачи на вывод молекулярной формулы вещества

1-27. Решение:

Общая формула алканов C_nH_{2n+2}. Так как относительная атомная масса углерода 12, а водорода 1, относительная молекулярная масса: $M_r(C_nH_{2n+2}) = 12n + 2n + 2 = 14n + 2$.

По относительной плотности газа и молекулярной массе водорода вычисляем относительную молекулярную массу углеводорода: $M_r(C_nH_{2n+2}) = D_{H_2}(C_nH_{2n+2}) \cdot M_r(H_2)$

$M_r(C_nH_{2n+2}) = 50 \cdot 2 = 100$

Составляем уравнение: $14n + 2 = 100 \Rightarrow 14n = 98 \Rightarrow n = 7$.

Ответ: молекулярная формула C_7H_{16}.

1-29. Решение:

I способ.

1) Вывести простейшую формулу:

$$x : y = \frac{83{,}33}{12} : \frac{16{,}67}{1} = 6{,}94 : 16{,}67 = 5 : 12.$$

Простейшая формула C_5H_{12}.

2) Вычислить относительную молекулярную массу данного углеводорода:

$M_r(C_xH_y) = D_{H_2}(C_xH_y) \cdot M_r(H_2)$. $M_r(C_xH_y) = 36 \cdot 2 = 72$.

3) Определить истинную формулу углеводорода:

$$n = \frac{M_r(C_xH_y)}{M_r(C_5H_{12})} = \frac{72}{12 \cdot 5 + 12} = 1 \Rightarrow C_5H_{12}.$$

Ответ: молекулярная формула C_5H_{12}.

II способ.

1) Вычислить относительную молекулярную массу углеводорода:

$$M_r(C_xH_y) = D_{H_2}(C_xH_y) \cdot M_r(H_2).$$

$$M_r(C_xH_y) = 36 \cdot 2 = 72; \quad M_r(C_xH_y) = 72 \text{ г/моль}.$$

2) Вычислить количество вещества углерода и водорода в моле углеводорода:

$$\left.\begin{aligned} \nu_C &= \frac{72 \cdot 0{,}8333 \text{ г}}{12 \text{ г / моль}} = 5 \text{ моль} \\ \nu_H &= \frac{72 \cdot 0{,}1667 \text{ г}}{1 \text{ г / моль}} = 12 \text{ моль} \end{aligned}\right\} \Rightarrow C_5H_{12}.$$

Ответ: молекулярная формула C_5H_{12}.

1-31. Решение:

I способ.

1) Вычислить относительную молекулярную массу углеводорода:

$$M_r(C_xH_y) = D_{O_2}(C_xH_y)\cdot M_r(O_2);$$

$$M_r(C_xH_y) = 1{,}372\cdot 32 = 44;\ M_r(C_xH_y) = 44\ \text{г/моль}.$$

2) Вычислить количество вещества углеводорода:

$$\nu_{C_xH_y} = \frac{4{,}4\ \text{г}}{44\ \text{г / моль}} = 0{,}1\ \text{моль}.$$

3) Вычислить количество вещества углерода и водорода:

$$M_{CO_2} = 44\ \text{г/моль};\ \nu_C = \nu_{CO_2} = \frac{13{,}2\ \text{г}}{44\ \text{г / моль}} = 0{,}3\ \text{моль}.$$

$$M_{H_2O} = 18\ \text{г/моль};\ \nu_H = \nu_{H_2O} = 2\frac{7{,}2\ \text{г}}{18\ \text{г / моль}} = 0{,}8\ \text{моль}.$$

4) Определить молекулярную формулу углеводорода:

$$\nu_{C_xH_y} : \nu_C : \nu_H = 0{,}1 : 0{,}3 : 0{,}8 = 1 : 3 : 8 \Rightarrow C_3H_8.$$

Ответ: молекулярная формула C_3H_8.

II способ.

1) Вычислить массу углерода и водорода в углеводороде:

1моль CO_2 — 1 моль C

44 г (CO_2) — 12 г (C)

13,2 г (CO_2) — x

$$x = \frac{13{,}2\cdot 12}{44} = 3{,}6;\ m_C = 3{,}6\ \text{г}.$$

1моль H_2O — 2 моль H

18 г (H_2O) — 2 г (H)

7,2 г (H_2O) — x_1

$$x_1 = \frac{7{,}2\cdot 2}{18} = 0{,}8;\ m_H = 0{,}8\ \text{г}.$$

2)Вывести простейшую формулу углеводорода:

$$x : y = \frac{3{,}6}{12} : \frac{0{,}8}{1} = 0{,}3 : 0{,}8 = 3 : 8 \Rightarrow C_3H_8.$$

3) Вычислить относительную молекулярную массу углеводорода:

$$M_r(C_xH_y) = D_{O_2}(C_xH_y)\cdot M_r(O_2);$$

$$M_r(C_xH_y) = 1{,}372\cdot 32 = 44.$$

4) Определить истинную формулу углеводорода:

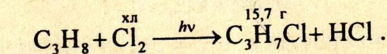
$$n = \frac{M_r(C_xH_y)}{M_r(C_3H_8)} = \frac{44}{12\cdot 3 + 8} = 1 \Rightarrow C_3H_8.$$

Ответ: молекулярная формула C_3H_8.

Расчеты по уравнениям химических реакций

1-33. Решение:

I способ. Составим уравнение реакций между пропаном и хлором:



$$C_3H_8 + \overset{x\text{л}}{Cl_2} \xrightarrow{h\nu} \overset{15{,}7\ \text{г}}{C_3H_7Cl} + HCl.$$

ν = 1моль; $V_м$=22,4 л/моль; V=22,4 л

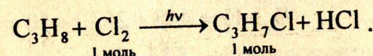
ν = 1 моль; M=78,5 г/моль; m=78,5 г

Составим пропорцию :

$$\frac{x}{22{,}4} = \frac{15{,}7}{78{,}5};\ x = \frac{22{,}4\cdot 15{,}7}{78{,}5} = 4{,}48.$$

Ответ: объем хлора равен 4,48 л.

II способ. Составим уравнение реакции между пропаном и хлором:



$$C_3H_8 + \underset{1\ \text{моль}}{Cl_2} \xrightarrow{h\nu} \underset{1\ \text{моль}}{C_3H_7Cl} + HCl.$$

Определим количество вещества хлорпропана, полученного в результате реакции:

$$M_{C_3H_7Cl} = 78{,}5\ \text{г/моль};\ \nu_{C_3H_7Cl} = \frac{15{,}7\ \text{г}}{78{,}5\ \text{г / моль}} = 0{,}2\ \text{моль}.$$

По уравнению реакции $\nu_{Cl_2} = \nu_{C_3H_7Cl}$, следовательно

$\nu_{Cl_2} = 0{,}2$ моль.

Вычислим объем хлора:

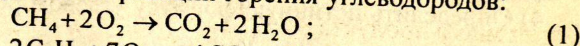
$V_M = 22{,}4$ л/моль;

$V_{Cl_2} = 22{,}4$ л/моль $\cdot$ 0,2 моль= 4,48 л.

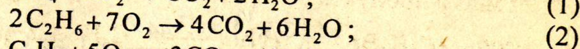
Ответ: объем хлора равен 4,48 л.

1-35. Решение:

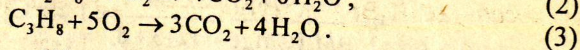
Составим уравнения реакций горения углеводородов:



$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O; \quad (1)$$



$$2C_2H_6 + 7O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O; \quad (2)$$



$$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O. \quad (3)$$

По уравнению (1): $\nu_{O_2} = \nu_{CH_4} = 2 \cdot 10$ моль $= 20$ моль.

Определим объем кислорода:

$V_{1O_2} = 22{,}4$ л/моль $\cdot$ 20 моль = 448 л.

По уравнению (2) определим количество вещества этана, вступившего в реакцию: $M_{C_2H_6} = 30$ г/моль; $\nu_{C_2H_6} = \dfrac{10 \text{ г}}{30 \text{ г / моль}} =$ $=0{,}33$ моль.

По уравнению реакции $\nu_{O_2} = 7/2 \cdot \nu_{C_2H_6} = \dfrac{7 \cdot 0{,}33}{2} = 1{,}17$ моль.

Определим объем кислорода:

$V_{2O_2} = 22{,}4$ л/моль $\cdot$ 1,17 моль = 26,13 л.

По уравнению (3) объемные отношения газов равны отношению коэффициентов в уравнении реакции:

$V_{C_3H_8} : V_{O_2} = 1:5$; $V_{3O_2} = 10 \cdot 5 = 50$ л.

Объем кислорода, необходимый для сжигания смеси, равен сумме объемов:

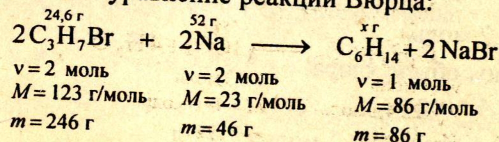
$$V_{O_2} = V_1 + V_2 + V_3 = 448 + 26{,}13 + 50 = 524{,}13 \text{ л}.$$

Ответ: объем кислорода равен 524,13 л.

Решение расчетных задач, в которых одно из реагирующих веществ дано в избытке

1-36. Решение:

I способ. Составим уравнение реакции Вюрца:

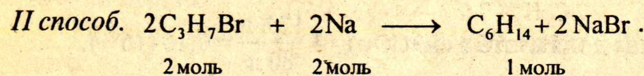


$$\underset{\substack{\nu = 2 \text{ моль} \\ M = 123 \text{ г/моль} \\ m = 246 \text{ г}}}{\overset{24{,}6 \text{ г}}{2C_3H_7Br}} + \underset{\substack{\nu = 2 \text{ моль} \\ M = 23 \text{ г/моль} \\ m = 46 \text{ г}}}{\overset{52 \text{ г}}{2Na}} \longrightarrow \underset{\substack{\nu = 1 \text{ моль} \\ M = 86 \text{ г/моль} \\ m = 86 \text{ г}}}{\overset{x \text{ г}}{C_6H_{14}}} + 2NaBr$$

$\dfrac{24{,}6}{246} < \dfrac{52}{46} \Rightarrow$ Na в избытке, расчет ведем по бромпропану.

Составим пропорцию: $\dfrac{24{,}6}{246} = \dfrac{x}{86}$; $x = \dfrac{86 \cdot 24{,}6}{246} = 8{,}6$.

Ответ: масса продукта 8,6 г.



II способ. $\underset{2 \text{ моль}}{2C_3H_7Br} + \underset{2 \text{ моль}}{2Na} \longrightarrow \underset{1 \text{ моль}}{C_6H_{14}} + 2NaBr$.

Определим количество вещества бромпропана и натрия, взятых для реакции:

$$M_{C_3H_7Br} = 123 \text{ г/моль}; \ \nu_{C_3H_7Br} = \frac{24{,}6 \text{ г}}{123 \text{ г / моль}} = 0{,}2 \text{ моль};$$

$$M_{Na} = 23 \text{ г/моль}; \ \nu_{Na} = \frac{5{,}2 \text{ г}}{23 \text{ г / моль}} = 0{,}23 \text{ моль}.$$

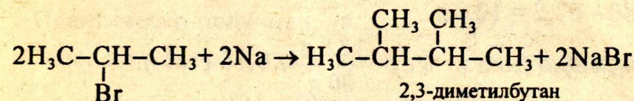
По уравнению реакции $\nu_{C_3H_7Br} = \nu_{Na}$, а по условию $\nu_{C_3H_7Br} < \nu_{Na}$, следовательно, натрий взят в избытке и расчет ведем по бромпропану:

$$\nu_{C_6H_{14}} = 1/2 \cdot \nu_{C_3H_7Br} = 0{,}1 \text{ моль}.$$

Определим массу продукта реакции:

$$M_{C_6H_{14}} = 86 \text{ г/моль}; \ m_{C_6H_{14}} = 86 \text{ г/моль} \cdot 0{,}1 \text{ моль} = 8{,}6 \text{ г}.$$

Определим формулу продукта реакции:



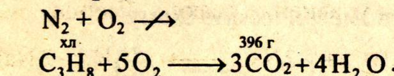
$2H_3C{-}CH(Br){-}CH_3 + 2Na \rightarrow H_3C{-}CH(CH_3){-}CH(CH_3){-}CH_3 + 2NaBr$

2,3-диметилбутан

Решение расчетных задач на определение состава исходной смеси

1-39. Решение:

I способ. Из двух газов с кислородом реагирует только пропан. Составим уравнение реакции:



$N_2 + O_2 \not\rightarrow$

$$\underset{\substack{\nu = 1 \text{ моль} \\ V_м = 22{,}4 \text{ л/моль} \\ V = 22{,}4 \text{ л}}}{\overset{x \text{ л}}{C_3H_8}} + 5O_2 \longrightarrow \underset{\substack{\nu = 3 \text{ моль} \\ M = 44 \text{ г/моль} \\ m = 132 \text{ г}}}{\overset{396 \text{ г}}{3CO_2}} + 4H_2O.$$

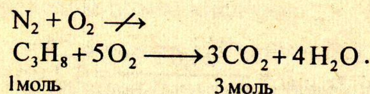
Составим и решим пропорцию:

$$\frac{x}{22{,}4}=\frac{396}{132},\ x=\frac{22{,}4\cdot 396}{132}=67{,}2.$$

$V_{C_3H_8}=67{,}2$ л, следовательно, $V_{N_2}=80-67{,}2=12{,}8$ л.

Объемная доля азота в смеси $\varphi_{N_2}=\dfrac{12{,}8\text{ л}}{80\text{ л}}=0{,}16\ (16\%)$.

II способ.



$$N_2+O_2 \not\to$$

$$\underset{1\,\text{моль}}{C_3H_8}+5O_2\longrightarrow \underset{3\,\text{моль}}{3CO_2}+4H_2O.$$

Определим количество вещества углекислого газа, образовавшегося в результате реакции:

$$M_{CO_2}=44\text{ г/моль};\ \nu_{CO_2}=\frac{396\text{ г}}{44\text{ г/моль}}=9\text{ моль}.$$

По уравнению реакции: $\nu_{C_3H_8}=1/3\cdot\nu_{CO_2}$, следовательно, $\nu_{C_3H_8}=1/3\cdot 9$ моль $=3$ моль.

Определим объем пропана:

$$V_{C_3H_8}=22{,}4\text{ л/моль}\cdot 3\text{ моль}=67{,}2\text{ л}.$$

Определим объем азота в смеси:

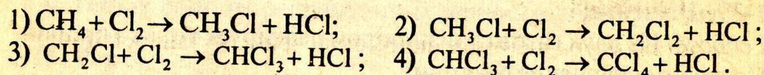
$V_{N_2}=80-67{,}2=12{,}8$ л

и его объемную долю: $\varphi_{N_2}=\dfrac{12{,}8\text{ л}}{80\text{ л}}=0{,}16\ (16\%)$.

Ответ: объемная доля азота в смеси — 16%.

1-40. Решение:

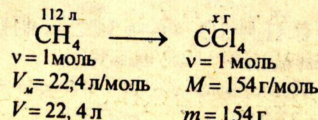
I способ. Составим уравнение реакций последовательного хлорирования метана:



1) $CH_4+Cl_2\to CH_3Cl+HCl$; 2) $CH_3Cl+Cl_2\to CH_2Cl_2+HCl$;

3) $CH_2Cl+Cl_2\to CHCl_3+HCl$; 4) $CHCl_3+Cl_2\to CCl_4+HCl$.

Составим стехиометрическую схему:



$$\overset{112\text{ л}}{CH_4}\longrightarrow\overset{x\text{ г}}{CCl_4}$$

$\nu=1$ моль; $V_м=22{,}4$ л/моль; $V=22{,}4$ л — $\nu=1$ моль; $M=154$ г/моль; $m=154$ г

Составим и решим пропорцию:

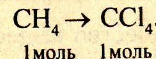
$$\frac{112}{22{,}4}=\frac{x}{154};\ x=\frac{154\cdot 112}{22{,}4}=770.$$

Теоретически могли получить 770 г CCl_4, а практически получили 500,5 г.

Определим долю выхода продукта от теоретически возможного:

$$\eta=\frac{500{,}5\text{ г}}{770\text{ г}}=0{,}65\ (65\%).$$

II способ. Составим стехиометрическую схему:



$$\underset{1\,\text{моль}}{CH_4}\to\underset{1\,\text{моль}}{CCl_4}.$$

Определим количество вещества метана, взятого для реакции: $\nu_{CH_4}=\dfrac{112\text{ л}}{44\text{ л/моль}}=5$ моль.

По стехиометрической схеме: $\nu_{CCl_4}=\nu_{CH_4}$, следовательно, $\nu_{CCl_4}=5$ моль.

Определим массу тетрахлорметана, которую могли бы получить по уравнению реакции (теоретически возможный выход продукта): $m_{теор\,CCl_4}=154$ г/моль$\cdot 5$ моль $=770$ г.

Практически получили: $m_{практ\,CCl_4}=500{,}5$ г.

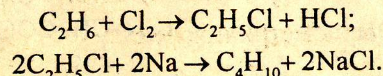
Определим долю выхода продукта от теоретически возможного:

$$\eta=\frac{500{,}5\text{ г}}{770\text{ г}}=0{,}65\ (65\%).$$

Ответ: доля выхода тетрахлорметана от теоретически возможного составляет 65%.

1-45. Решение:

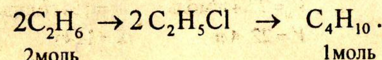
Составим уравнения реакций получения бутана из этана:



$$C_2H_6+Cl_2\to C_2H_5Cl+HCl;$$

$$2C_2H_5Cl+2Na\to C_4H_{10}+2NaCl.$$

Составим стехиометрическую схему:



$$\underset{2\,\text{моль}}{2C_2H_6}\to 2C_2H_5Cl\to\underset{1\,\text{моль}}{C_4H_{10}}.$$

Суммарная доля выхода продукта находится как произведение долей выхода продукта на каждой стадии.

$$\eta_\Sigma = \eta_1 \cdot \eta_2;\ \eta_\Sigma = 0{,}75 \cdot 0{,}8 = 0{,}6.$$

По определению $\eta = \frac{m_{\text{практ}}}{m_{\text{теор}}}$, следовательно, можно рассчитать массу бутана, которую теоретически могли бы получить:

$$m_{\text{теор}C_4H_{10}} = \frac{11{,}6\ \text{г}}{0{,}6} = 19{,}33\ \text{г}.$$

Дальше можно вести расчет разными способами:

I способ. Определим количество вещества бутана

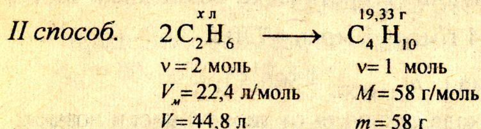
$$M_{C_4H_8} = 58\ \text{г/моль};\ \nu_{C_4H_8} = \frac{19{,}33\ \text{г}}{58\ \text{г/моль}} = 0{,}33\ \text{моль}.$$

По уравнению реакции $\nu_{C_2H_6} = \nu_{C_4H_8}$, следовательно,

$\nu_{C_2H_6} = 2 \cdot 0{,}33\ \text{моль} = 0{,}66\ \text{моль}.$

Определим объем этана:

$$V_{C_2H_6} = 22{,}4\ \text{л/моль} \cdot 0{,}66\ \text{моль} = 14{,}943\ \text{л}.$$



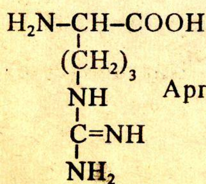
Составим и решим пропорцию:

$$\frac{x}{22{,}4} = \frac{19{,}33}{58};\ x = \frac{44{,}8 \cdot 19{,}33}{58} = 14{,}93.\ V_{C_2H_6} = 14{,}93\ \text{л}.$$

Ответ: объем этана, вступившего в реакцию, равен 14,93 л.

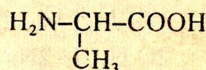
α-аминокислоты

Незаменимые

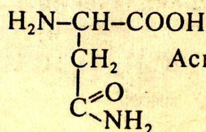


Аргинин (Арг)

Заменимые

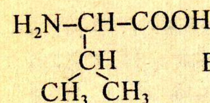


Аланин (Ала)

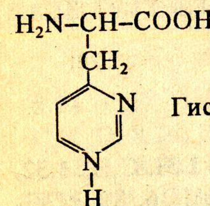


Аспарагин (Асн)

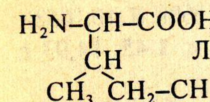
Незаменимые



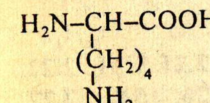
Валин (Вал)



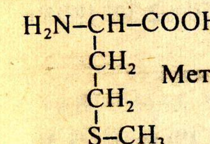
Гистидин (Гис)



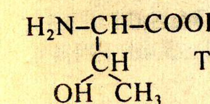
Лейцин (Лей)



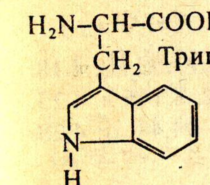
Лизин (Лиз)



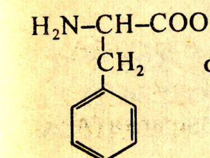
Метионин (Мет)



Треонин (Тре)

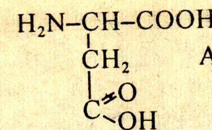


Триптофан (Три)

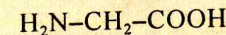


Фенилаланин (Фен)

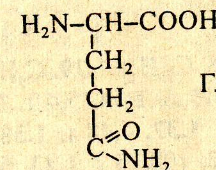
Заменимые



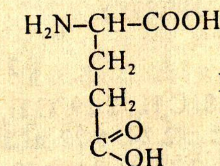
Аспарагиновая кислота (Асп)



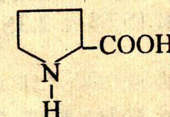
Глицин (Гли)



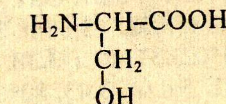
Глутамин (Глн)



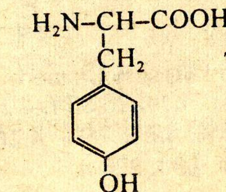
Глутаминовая кислота (Глу)



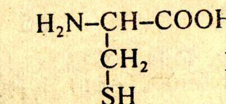
Пролин (Про)



Серин (Сер)



Тирозин (Тир)



Цистеин (Цис)

ОТВЕТЫ

§ 1

1.27. C_7H_{16}. **1.28.** $C_{15}H_{32}$. **1.29.** C_5H_{12}. **1.30.** C_4H_{10}. **1.31.** C_3H_8. **1.32.** $C_{10}H_{22}$. **1.33.** 4,48 л. **1.34.** 5,4 г. **1.35.** 524,13 л. **1.36.** 8,6 г 2,3-диметилбутана. **1.37.** 4,48 г. **1.38.** 126 г. **1.39.** 16%. **1.40.** 65%. **1.41.** 300 г. **1.42.** 108,75 г. **1.43.** 6 г. **1.44.** 201,6 л. **1.45.** 14,93 г. **1.46.** 80%. **1.47.** 115,875 г.

§ 2

2.17. $C_{10}H_{20}$. **2.18.** C_4H_8. **2.19.** C_6H_{12}. **2.20.** C_5H_{10}. **2.21.** C_3H_6. **2.22.** C_4H_8. **2.23.** 43,2 г. **2.24.** 6,72 л. **2.25.** 2,25 л. **2.26.** 16,8 г. **2.27.** 360 г. **2.28.** 800 г. **2.29.** 44,8 л. **2.30.** 95 %. **2.31.** 1150 г. **2.32.** 1305 г. **2.33.** 129 г. **2.34.** 15,68 л. **2.35.** 73,6 г. **2.36.** 16%.

§ 3

3.25. C_5H_{10}. **3.26.** C_3H_6. **3.27.** C_7H_{14}. **3.28.** C_4H_8. **3.29.** C_6H_{12}. **3.30.** $C_{10}H_{20}$. **3.31.** 24,3 г. **3.32.** 15,68 л. **3.33.** 19,2 л. **3.34.** 3,06 г. **3.35.** 0,7 моль. **3.36.** 4%. **3.37.** 40 л. **3.38.** 75%. **3.39.** 222 г. **3.40.** 134,4 л. **3.41.** 1400 г. **3.42.** 5,6 $м^3$. **3.43.** 80%. **3.44.** 20%.

§ 4

4.13. C_4H_6. **4.14.** C_8H_{14}. **4.15.** C_3H_4. **4.16.** C_6H_{10}. **4.17.** C_5H_8. **4.18.** C_7H_{12}. **4.19.** 288 г. **4.20.** 26,88 г. **4.21.** 250 $м^3$. **4.22.** 8,145 л. **4.23.** 800 г. **4.24.** 74,5%. **4.25.** 75%. **4.26.** 21,6 г. **4.27.** 94,44 кг. **4.28.** 189 г. **4.29.** 150 г. **4.30.** 224 л.

§ 5

5.21. C_3H_4. **5.22.** C_5H_8. **5.23.** C_7H_{12}. **5.24.** C_8H_{14}. **5.25.** C_4H_6. **5.26.** C_6H_{10}. **5.27.** 17,6 г. **5.28.** 403,2 л. **5.29.** 300 мл. **5.30.** 23,2 г. **5.31.** 52,8 г. **5.32.** 808 г. **5.33.** 20%. **5.34.** 100 л. **5.35.** 5,61 г. **5.36.** 75%. **5.37.** 120 г. **5.38.** 1,25 $м^3$. **5.39.** C_5H_8.

§6

6.20. C_7H_8. **6.21.** $C_{10}H_{14}$. **6.22.** C_9H_{12}. **6.23.** C_8H_{10}. **6.24.** C_6H_6. **6.25.** C_8H_{10}. **6.26.** 369 г. **6.27.** 40,32 л. **6.28.** 98,7 г. **6.29.** 50,4 г. **6.30.** 63%. **6.31.** 5%. **6.32.** 90%. **6.33.** 1164 г. **6.34.** 268,8 л. **6.35.** 16,4 г. **6.36.** 30 г. **6.37.** 80%. **6.38.** 50%. **6.39.** 32,76 г.

§ 8

8.21. $C_5H_{12}O$. **8.22.** C_2H_6O. **8.23.** $C_4H_{10}O$. **8.24.** $C_8H_{18}O$. **8.25.** $C_6H_{14}O$. **8.26.** $C_7H_{16}O$. **8.27.** 56 л. **8.28.** 8,4 л. **8.29.** 43,05 г. **8.30.** 1,68 л. **8.31.** 41,6 г. **8.32.** 13,69 л. **8.33.** 10%. **8.34.** 2,5 г. **8.35.** 90%. **8.36.** 220,8 г. **8.37.** 219,2 г. **8.38.** 5 л. **8.39.** 26,88 л. **8.40.** 10,4 %. **8.41.** 50%.

§ 9

9.15. $C_4H_{10}O_2$. **9.16.** $C_6H_{14}O_3$. **9.17.** $C_4H_{10}O_3$. **9.18.** $C_6H_{14}O_6$. **9.19.** $C_4H_{10}O_2$. **9.20.** $C_5H_{12}O_4$. **9.21.** 112 л. **9.22.** 1,84 г. **9.23.** 230 г. **9.24.** 41,6 г. **9.25.** 4,48 л. **9.26.** 34,5 г. **9.27.** 105 г. **9.28.** 75%. **9.29.** 156,8 л. **9.30.** 22,08 г. **9.31.** 155 г. **9.32.** 9,2 г. **9.33.** 68,1 г. **9.34.** 153,6 л.

§ 10

10.8. C_7H_8O. **10.9.** $C_6H_6O_2$. **10.10.** $C_9H_{12}O$. **10.11.** $C_7H_8O_2$. **10.12.** 56,4 г. **10.13.** 39,25 г. **10.14.** 91,6 г. **10.15.** 34,8 г. **10.16.** 14,1 г. **10.17.** 2,24 л. **10.18.** 180 г. **10.19.** 90%. **10.20.** 80%. **10.21.** 18,8 г. **10.22.** 24,36 г. **10.23.** 109,2 г. **10.24.** 169,2 г. **10.25.** 1200 г.

§ 11

11.21. C_3H_6O. **11.22.** $C_5H_{10}O$. **11.23.** C_4H_8O. **11.24.** $C_6H_{12}O$. **11.25.** $C_5H_{10}O$. **11.26.** $C_8H_{16}O$. **11.27.** 261 г. **11.28.** 28 л. **11.29.** 168 л. **11.30.** 50,4 г. **11.31.** 24 г. **11.32.** 43,2 г. **11.33.** 880 г. **11.34.** 90%. **11.35.** 36,72 г. **11.36.** 179,2 л. **11.37.** 35,84 л. **11.38.** 15 г. **11.39.** 64,8 г.

§ 12

12.21. $C_3H_6O_2$. **12.22.** $C_4H_6O_4$. **12.23.** $C_5H_{10}O_2$. **12.24.** $C_{18}H_{36}O_2$. **12.25.** $C_2H_4O_2$. **12.26.** 3,22 г. **12.27.** 6,56 г. **12.28.** 9 г. **12.29.** 13,44 л. **12.30.** 168 г. **12.31.** 22,4 г. **12.32.** 20%. **12.33.** 8,33 г. **12.34.** 60%. **12.35.** 30,24 л. **12.36.** 92 г. **12.37.** 1 л. **12.38.** 51,2 г. **12.39.** 40%; 80%. **12.40.** 57,6 г.

§ 14

14.21. C_3H_9N. **14.22.** C_7H_9N. **14.23.** $C_3H_{10}N_2$. **14.24.** C_3H_7N. **14.25.** $C_5H_{13}N$. **14.26.** C_2H_5N. **14.27.** 15,68 л. **14.28.** 73,8 г. **14.29.** 16,3 г. **14.30.** 33 г. **14.31.** 27,9 г. **14.32.** 200 г. **14.33.** 80%. **14.34.** 49,5 г. **14.35.** 190 г. **14.36.** 117 г. **14.37.** 5 л. **14.38.** 37,8 г.

§ 15

15.16. $C_4H_9NO_2$.

15.17. $CH_3-CH(NH_2)-C(=O)-CH_2-CH_2-CH_3$; $CH_3-CH(NH_2)-C(=O)-CH(CH_3)-CH_3$.

15.18. 13.44. л. **15.19.** 124,8 г. **15.20.** 116,4 г. **15.21.** 336 г. **15.22.** 25 %. **15.23.** 80%. **15.24.** 7,92 г.

Задачи и упражнения повышенной сложности

1. 83,1%. **2.** $HC\equiv C-HC=CH-C\equiv CH$ (цис- и транс- формы). **3.** 27,59% метана. **4.** 50%. **5.** 18,67. **6.** 65 г. **7.** 296,8 л. **8.** 133,33 г. **9.** 10,25% метана. **10.** 10 г. **11.** 800 г. **12.** бутен-1; метилпропен; цис-бутен-2; транс-бутен-2. **13.** 3-метилгексанол-3; 3-метилгексен-2; 3-метилгексен-3; 2-этилпентен-1. **14.** CH_3CH_2COONa. **15.** 74,35 г; 125,65 г. **16.** 204 г; 196 г. **17.** 60,53% спирта. **18.** 20%. **19.** 1,5л. **20.** 11,2 л. **21.** 15 г. **22.** 1,12 л. **23.** 14 г; 81 г. **24.** 48,15% ацетилена; 51,85% этилена. **25.** 320 г. **26.** CH_3CH_2COOH. **27.** 25%; 75%. **28.** 13 г. **29.** 135 г. **30.** 58,8 л. **31.** 48,67%. **32.** 11,875 г. **33.** 27,31%. **34.** 102 г.

35. $CH_3-CH_2-CH(CH_3)-O-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$. **36.** 400 г.

37. а) бутановая кислота; 24 г
б) метилпропановая кислота; 24 г
в) пентандиовая кислота; 32 г
г) метилбутандиовая кислота; 32 г

38. 39,47% уксусной кислоты. **39.** 11,2 л.

СОДЕРЖАНИЕ